

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

Ливарне виробництво чорних і кольорових металів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) М.М. Ямшинський

“ \_\_\_\_ ” червня 2019 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 6.050402 - Ливарне виробництво

на тему: «Технологічний процес виробництва виливка «Опора вала хвиле-  
відбивача» та організація роботи відділення фінішних операцій»

Виконав : студент 4 курсу, групи ФЛ-51

**Живцов Віктор Анатолійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Самарай В.П.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з Охорони праці к.т.н., доцент Зацарний В.В.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з Організаційної та економічної частини  
к.т.н., ст. вик. Нараєвський В.І.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант з Нормоконтролю доцент, к.т.н., доцент Федоров Г.Є

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент к.т.н., доцент каф. МТО Доній О.М

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.050402 - Ливарне виробництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Ямшинський  
(підпис)

«\_\_\_» червня 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту  
Живцову Віктору Анатолійовичу**

1. Тема проекту Технологічний процес виробництва виливка «Опора вала хвилевідбивача» та організація роботи відділення фінішних операцій, керівник проекту Самарай Валерій Петрович к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. № 1408-с

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2019 року

3. Вихідні дані до проекту: 3.1. Матеріали переддипломної виробничої практики. 3.2. Література за темою дипломного проекту. 3.3. Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.4. Потужність ливарного цеху - 3000 тонн придатних виливків за рік.

4. Зміст пояснювальної записки: 4.1. Вступ . 4.2. Аналіз виробничої програми. 4.3. Відділення фінішних операцій ливарного цеху. 4.4. Технологія ливарної форми виливка «Опора вала хвилевідбивача». 4.5. Технологічне устаткування. 4.6. Організаційний розділ. 4.7. Економічний розділ 4.8. Охорона праці. 4.9 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу: 5.1. План відділення фінішних операцій. 5.2. Технологія ливарної форми «Опора вала хвилевідбивача». 5.3. Модельна плита з моделлю. 5.4. Дробометний барабан 5.5. Порівняльні техніко-економічні показники

## 6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Зацарний В.В., доцент		
Економічний розділ	Нараєвський С.В. ст. викл.		
Організаційний розділ	Нараєвський С.В. ст. викл.		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є. доцент		

## 7. Дата видачі завдання 18.04.2019 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Переддипломна виробнича практика	15.04...17.05.19	
2	Аналіз виробничої програми	18.05...20.05. 19	
3	Проектування відділення фінішних операцій	21.05...25.05.19	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	26.05...02.06.19	
5	Проектування ливарного устаткування	31.05....02.06.19	
6	Організаційна частина	31.05...05.06.19	
7	Економічна частина	31.05...05.06.19	
8	Охорона праці	31.05...05.06.19	
9	Рецензування проекту	11.05...14.06.19	
10	Захист	18.06.19	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.А. Живцов

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.П. Самарай

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	86	
3	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0001	План відділення	1	
			фінішних операцій		
4	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0002	Опора вала	1	
			хвилевідбивача		
5	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0003	Модельна плита з	1	
			верхньою половиною		
			моделі		
6	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0004	Форма в складеному	1	
			вигляді		
7	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0005	Дробометний барабан	1	
			періодичної дії моделі		
			42233		
8	A1	ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0006	Техніко-економічні	1	
			показники		

				ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Живцов			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Самарай				4	86
Консульт.					НТУУ «КПІ» Каф. ЛВЧКМ Гр. ФЛ-51	
Н/контр.	Федоров					
Зав.каф.						

## **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: «Технологічний процес виробництва виливка «Опора вала  
хвилевідбивача» та організація роботи відділення фінішних операцій»

Київ – 2019 року

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Завданням даного дипломного проекту є розроблення відділення фінішних операцій ливарного цеху з потужністю 3000 т придатних виливків на рік. Річна програма випуску виливків розподілена за кількома групами. Дані групи розподіляються за сплавами (20Л, 25Л та 35Л) та за способом виготовлення деталей, до яких відносять лиття в разові піщані форми та лиття за моделями, що витоплюються.

Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Опора вала хвилевідбивача» масою 52,9 кг з металу марки сталі 35Л. Відповідно за конфігурацією та застосування даної деталі необхідно обрати опоку, розрахувати ливникову систему та розміри стрижнів. За необхідності застосувати для виливка надливи та холодильники. В результаті деталь повинна мати зазначені для роботи механічні властивості та відповідну структуру.

Проектування ливарного устаткування відбувається на основі обраних машин, які будуть працювати в відділенні фінішних операцій.

Розроблення та планування розділів з організації та економіки виробництва має забезпечити план фінансування та кількість робітників, що працюватимуть на виробництві. Розділом охорони праці необхідно забезпечити безпеку життєдіяльності працівників під час роботи та дотримання екологічних норм згідно нормативних документів.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ	Літ.	Арк.
Перевір.		Самарай В.П.				6	86
Реценз.						НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51	
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект складається з: 86 стор.; 11 рис.; 21 табл.; 13 посилань.

У проекті проектується відділення фінішних операцій, який є частиною ливарного цеху потужністю 3000 тонн придатних виливків на рік із такого металу як сплави марок 20Л, 25Л та 35Л. Розробляється технологічний процес виготовлення виливка «Опора вала хвилевідбивача» зі сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018) масою 52,9 кг за литтям в разові піщані-глинясті форми.

Результати проектування – розроблена технологія виливка «Опора вала хвилевідбивача» лиття у разові піщано-глинясті форми, виконано технічне планування відділення фінішних операцій та ливарного устаткування. При проектуванні відділення проведено аналіз необхідності устаткування, виконано розрахунок організаційних та економічних чинників, результатом яких є обчислення заробітної плати робітників (основних та допоміжних), витрати на амортизацію устаткування та енергетичні ресурси, що застосовуються для прискорення виробничого процесу. Згідно нормативних документів враховано всі заходи щодо безпеки життєдіяльності працівників та приділено увагу до збереження екологічності навколишнього середовища, за допомогою встановлення запобігаючих засобів біля устаткування та встановлення притяжних витяжок в конструкції будівлі та безпосередньо у відділенні фінішних операцій.

ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ, МОДЕЛЬНА ПЛИТА, ФОРМА ЛИВАРНА, ДРОБОМЕТНИЙ БАРАБАН, ОПОРА ВАЛА ХВИЛЕВІДБИВАЧА, ПОРІВНЯЛЬНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						7	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51		

## ABSTRACT

Diploma project consists of: 86 pages; 11 figures; 21 tables; 13 references.

The project is designed for the department of finishing operations, which is part of the foundry department with the capacity of 3000 tons of suitable castings per year from such metal as the grades of grades 20L, 25L and 35L. The technological process of manufacturing the casting "Propeller shaft bearing" from steel 35L (DSTU 8781: 2018) weighing 52.9 kg for casting in one-time sandy-clay forms is being developed.

The design results – developed the technology of casting "Shaft support of the wave reflector" casting in one-time sand and clay forms, the technical planning of the department of finishing operations and foundry equipment was completed. In the design of the department, the analysis of equipment needs was made, the calculation of organizational and economic factors was made, the result of which is the calculation of wages of workers (basic and auxiliary), depreciation costs of equipment and energy resources used to accelerate the production process. According to the normative documents, all measures on the safety of workers' lives were taken into account and attention was paid to the environmental sustainability of the environment, by installing preventive measures at the equipment and installing attractive extracts in the construction of the building and directly in the department of finishing operations.

SEPARATION OF FINISHING OPERATIONS, PROPELLER SHAFT BEARING, WIDTH MODEL PLATE FROM THE UPPER HALF MODEL, FORM IN COMPLEX VIEW, SHOT BLAST DRUM, TECHNICAL-ECONOMIC INDICATORS.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Живцов В.А.			ABSTRACT				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Самарай В.П.									8	86
Реценз.									НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.										
Затверд.												



## ЗМІСТ

Вступ.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	13
1.1 Виробнича програма .....	13
1.2 Аналіз виробничої програми.....	13
1.3 Характеристика виробництва цеху .....	16
2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ .....	20
3 ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	23
3.1. Відділення фінішних операцій .....	24
3.2 Енергетичні витрати цеху .....	27
3.2.1 Розрахунок витрат стисненого повітря для цеху .....	27
3.3 Будівельне проектування.....	29
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «ОПОРА ВАЛА ХВИЛЕВІДБИВАЧА» .....	31
4.1 Загальна характеристика литої деталі.....	31
4.2 Спосіб виготовлення виливка .....	32
4.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання моделі і форми .....	32
4.4 Припуски на механічне оброблення поверхні виливка .....	33
4.5 Вибір розмірів стрижнів та знаків .....	34
4.6 Вибір типу та розрахунок розмірів опок .....	35
4.6.1 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення.....	35
4.6.2 Розрахунок розмірів опок.....	36
4.7 Розрахунок ливникової системи .....	37
4.7.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу у форму .....	37
4.7.2 Розрахунок надливів .....	38

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевір.		Самарай В.П.					9
							86
Н. Контр.		Федоров Г.Є.				НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51	
Затверд.							

4.7.3	Вихідні дані та розрахунок площ елементів ливникової системи .....	40
4.7.4	Розрахунок розмірів зовнішнього холодильника .....	43
4.8	Формувальні та стрижневі суміші.....	44
4.8.1	Обґрунтування вибору складу сумішей.....	44
4.8.2	Рецептура та властивості суміші .....	44
4.8.3	Методи запобігання утворення пригару .....	45
4.9	Характеристика модельного комплекту .....	46
4.10	Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та ви- бивання форми.....	47
4.11	Устаткування та інструменти .....	48
4.12	Технологія виготовлення стрижнів .....	48
4.13	Фінішні операції.....	49
4.14	Розрахунок піднімальної сили .....	51
5	ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАНУ .....	54
5.1	Конструкція і робота машини.....	54
5.2	Розрахунки основних технологічних та конструктивних параметрів машини .....	55
5.3	Догляд за машиною.....	61
5.4	Техніка безпеки при роботі з машиною.....	62
6	ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ .....	64
6.1	Визначення капітальних вкладень в проект відділення фінішних операцій .. .....	64
6.2	Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату .....	66
7	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ .....	68
7.1	Визначення загальновиробничих витрат ділянки .....	68
7.2	Розрахунок продуктивності праці на ділянці.....	70
7.3	Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення .....	70
8	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	72

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

8.1 Вступ .....	72
8.2 Правові та організаційні питання охорони праці на підприємстві .....	72
8.3 Аналіз параметрів приміщення .....	73
8.4 Аналіз мікроклімату відділення фінішних операцій .....	73
8.5 Аналіз освітленості приміщення .....	74
8.6 Шум і вібрація .....	75
8.7 Аналіз загазованості та запиленості.....	76
8.8 Електробезпека .....	76
8.9 Пожежна безпека.....	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	81
ДОДАТКИ.....	83

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## ВСТУП

Ливарне виробництво є однією із найважливіших ланок в галузі машинобудування. За допомогою литва виготовляються майже всі деталі машин ,а саме 40...80 %. В процесі створюються деталі різної конфігурації та різного призначення, починаючи від найпростіших втулок та закінчуючи внутрішньої порожнини двигунів внутрішнього згорання, які потребують високої точності і здатності витримувати механічні та термічні навантаження.

На сьогодні виробництво деталей припадає більш ніж 100 мільйонів тонн за рік. Для виготовлення виливків застосовуються різноманітні процеси литва, такі як лиття в разові піщані форми; лиття за моделями, що витоплюються; за моделями , що газифікуються та інші. Застосовуються різноманітні плави , в залежності від майбутнього призначення виливка. Найбільш широко застосовуючими є чавуни та сталі.

Завданням даного проекту є проектування відділення фінішних операцій та розроблення технології виготовлення виливка «Опора вала хвилевідбивача» із сталі 35Л.

Відділення фінішних операцій буде компонованим , оскільки на виробництві застосовані такі види литва як лиття в разові піщані форми та лиття за моделями , що витоплюються. Для коректної роботи необхідно підібрати відповідне устаткування.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						12	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		

# 1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

## 1.1 Виробнича програма

Сталево-ливарний цех заводу призначений для виробництва виливків, що застосовуються як запасні частини для танків та бронетранспортерів.

Ливарний комплекс заводу призначений на випуск 3000 тонн придатних виливків на рік і має масу виливків – від 0,035 кг до 52,9 кг. виходячи з номенклатури виливків цеху. Розділяємо виливки на дві групи за способом лиття та за матеріалом виливка (20Л, 25Л, 35Л) [1]:

- лиття за моделями , що витоплюються (виливки масою до 3,7 кг) – І спосіб;
- литво в разові піщані форми (виливки масою від 3,7 до 52,9 кг) – ІІ спосіб.

## 1.2 Аналіз виробничої програми

Для виконання річної програми випуску литва в цеху необхідно виготовити певну кількість виробів, для цеху, який проектується, кількість виробів  $K$  визначаємо окремо для кожного виду литва за формулою[2]:

$$K = \frac{П}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (1.1)$$

де  $П$  – задана річна програма ливарного цеху.

$m_i$  – маса металу, яка необхідна для виготовлення  $i$ -го виробу, кг.

Маса необхідного для виконання річного плану цеху беремо з номенклатури виливків ,яка представлена в таблиці 1.1.

Для лиття в разові піщані форми складає  $П = 2500$  т та  $\sum_{i=1}^n m_i = 399,4$  кг, звідси отримуємо:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Живцов В.А.			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Самарай В.П.							13	86	
								НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51			
Н. Контр.		Федоров Г.Є.									
Затверд.											

Зм.			
Арк.			
№ докум.			
Підпис			
Дата			
ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ			
Арк.	14		

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість дет. на 1 виріб, шт	Маса виливків на 1 виріб, кг	Габаритні розміри виливка, мм			Режим термічного оброблення
							Довжина	Ширина	Висота	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ФЛ5101	Ушко	20Л	0,035	10	0,35	290	6	144	Норм. 900°С; Відп. 630°С
2	ФЛ5102	Кронштейн	20Л	0,17	10	1,73	336	6	126	Норм. 900°С; Відп. 630°С
3	ФЛ5103	Ребро 3	20Л	1,15	6	6,90	30	8	22	Норм. 900°С; Відп. 630°С
4	ФЛ5104	Ребро 2	20Л	1,73	4	6,90	52	36	55	Норм. 900°С; Відп. 630°С
5	ФЛ5105	Люк вварний	20Л	2,53	4	10,12	156	4	122	Норм. 900°С; Відп. 630°С
6	ФЛ5106	Лист рубки №4	20Л	34,73	1,0	34,73	220	30	370	Норм. 900°С; Відп. 630°С
7	ФЛ5107	Упор	25Л	0,20	10	1,96	100	20	20	Норм. 900°С; Відп. 630°С
8	ФЛ5108	Ребро 1	25Л	0,98	6	5,87	127	6	148	Норм. 900°С; Відп. 630°С
9	ФЛ5109	Обечайка	25Л	1,64	4	6,58	163,00	50	392	Норм. 900°С; Відп. 630°С
10	ФЛ5110	Опора вала	25Л	1,7	4	6,90	329	25	106	Норм. 900°С; Відп. 630°С
11	ФЛ5111	Лист палуби №2	25Л	2,07	6	12,42	350	20	240	Норм. 900°С; Відп. 630°С
12	ФЛ5112	Кришка 4	25Л	18,9	1	18,86	270	30	185	Норм. 900°С; Відп. 630°С
13	ФЛ5113	Лист корми ниж-ній	25Л	22,2	3	66,59	130	76	110	Норм. 900°С; Відп. 630°С

## Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	ФЛ5114	Кришка 2	25Л	24,4	2	48,76	315	25	412	Норм. 900°С; Відп. 630°С
15	ФЛ5115	Ребро 4	35Л	0,22	10	2,19	100	6	57	Норм. 900°С; Відп. 630°С
16	ФЛ5116	Корпус замка	35Л	0,39	6	2,35	90	32	32	Норм. 900°С; Відп. 630°С
17	ФЛ5117	Кронштейн	35Л	1,0	10	10,35	150	40	63	Норм. 900°С; Відп. 630°С
18	ФЛ5118	Лист №5	35Л	1,3	6	7,59	280	6	223	Норм. 900°С; Відп. 630°С
19	ФЛ5119	Лист рубки №28	35Л	3,7	4	14,72	311	16	223	Норм. 900°С; Відп. 630°С
20	ФЛ5120	Лист рубки №27	35Л	9,4	2	18,86	340	16	290	Норм. 900°С; Відп. 630°С
21	ФЛ5121	Опора вала	35Л	52,90	4	211,60	440	440	195	Норм. 900°С; Відп. 630°С
	Всього					323,4				

ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ

Арк.

15

$$K = \frac{2500000}{399,4} = 6260 \text{ виробів на рік}$$

Для литва за моделями що витоплюються  $\Pi = 500 \text{ т}$  та  $\sum_{i=1}^n m_i = 96,90 \text{ кг}$ , звідси:

$$K = \frac{500000}{96,90} = 5160 \text{ виробів на рік}$$

Отже, цех буде виготовляти 6260 виробів на рік на одну одиницю (річна програма складає 2500 т) першим способом та 5160 виробів на рік (річна програма 500 т) другим способом, що задовольняє виробничу програму придатного литва на рік.

Маючи необхідні дані, отримуємо річну програму виробництва виливків, враховуючи і запасні частини, відсоток яких за теоретичними даними складає 10%. Програма виробництва представлена в таблиці 1.2.

### 1.3 Характеристика виробництва цеху

Цех призначений для виробництва виливків із сталей марок 20Л, 25Л, 35Л. Річна програма цеху складає:

- для I способу 2750 т;
- для II способу 550 т.

За характером виробництва цех відноситься до цехів серійного виробництва.

Основними параметрами вибору технологічного процесу і устаткування для виготовлення виливків є: характер виробництва, маса і габарити виливків, їх клас точності, рід металу, вид виробничої програми і потужність цеху [1].

Приймаємо єдину суміш для виготовлення моделей майбутніх виливків в кожному із способів. В сумішоприготувальному відділенні передбаченні дільниці для приготування облицювальної суміші та їх наступного сушіння.

Структура цеху вміщає в себе такі основні та допоміжні відділення та дільниці:

- виробничі відділення (відділення виготовлення виливків за моделями,

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Таблиця 1.2 – Точна виробнича програма ливарного цеху

Індекс по- зиції	Найменування	Матеріал	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
							на основні вироби		на з/п			всього	
			дета-лі	вилив- ка	шт	кг	шт	т	%	шт	т	шт	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Литво в разові піщані форми													
Група 1.Матеріал 20Л													
1	Лист рубки №4	20Л	30,2	34,73	1	34,73	5634	195,67	10	626	21,74	6260	217,41
Всього						34,73							217,41
Група 2.Матеріал 25 Л													
2	Кришка 4	25Л	16,4	18,86	1	18,86	5634	106,26	10	626	11,81	6260	118,06
3	Лист корми ниж- ній	25Л	19,3	22,20	3	66,59	16902	375,14	10	1878	125,05	18780	416,82
4	Кришка 2	25Л	21,20	24,38	2	48,76	11268	274,71	10	1252	61,05	12520	305,24
Всього						134,21							840,12
Група 3.Матеріал 35 Л													
5	Лист рубки №27	35Л	8,2	9,43	2	18,86	11268	106,26	10	1252	23,61	12520	118,06
6	Опора вала	35Л	46,00	52,90	4	211,60	22536	1192,15	10	2504	529,85	25040	1324,62
Всього						230,46							1442,68
Разом						399,40							2500,21
На власні потреби , 10%													250,00
Всього													2750,00
Литво за моделями , що витоплюються													
Група 1.Матеріал 20Л													
7	Ушко	20Л	0,03	0,035	10	0,35	46440	1,60	10	5160	1,78	51600	1,78
8	Кронштейн	20Л	0,15	0,17	10	1,73	46440	8,01	10	5160	8,90	51600	8,90
9	Ребро 3	20Л	1,00	1,15	6	6,90	27864	32,04	10	3096	21,36	30960	35,60
10	Ребро 2	20Л	1,50	1,73	4	6,90	18576	32,04	10	2064	14,24	20640	35,60

## Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
11	Люк вварний	20Л	2,2	2,53	4	10,12	18576	47,00	10	2064	20,89	20640	52,22
Всього						17,12							66,22
Група 2.Матеріал 25Л													
12	Упор	25Л	0,17	0,20	10	1,96	46440	9,08	10	5160	10,09	51600	10,09
13	Ребро 1	25Л	0,85	0,98	6	5,87	27864	27,24	10	3096	18,16	30960	30,26
14	Обичайка	25Л	1,43	1,64	4	6,58	18576	30,55	10	2064	13,58	20640	33,94
15	Опора вала	25Л	1,5	1,73	4	6,90	18576	32,04	10	2064	14,24	20640	35,60
16	Лист палуби №2	25Л	1,8	2,07	6	12,42	27864	57,68	10	3096	38,45	30960	64,09
Всього						33,72							173,98
Група 3.Матеріал 35Л													
17	Ребро 4	35Л	0,19	0,22	10	2,19	46440	10,15	10	5160	11,27	51600	11,27
18	Корпус замка	35Л	0,34	0,39	6	2,35	27864	10,89	10	3096	7,26	30960	12,11
19	Кронштейн	35Л	0,9	1,04	10	10,35	46440	48,07	10	5160	53,41	51600	53,41
20	Лист №5	35Л	1,1	1,27	6	7,59	27864	35,25	10	3096	23,50	30960	39,16
21	Лист рубки №28	35Л	3,2	3,68	4	14,72	18576	68,36	10	2064	30,38	20640	75,96
Всього						37,19							191,91
Разом						96,90							500,00
На власні потреби , 10%													50,00
Всього													550,00

ДП ФЛІСІ.5103.1110.0006.0000 ПЗ

що витоплюються;плавильне відділення;формувань-складально-заливаль-но-вибивальне відділення та відділення механічної обробки,стрижневе відділення сумішоприготувальне та заготувальне відділення, відділення фінішних операцій);

— допоміжні відділення (ремонт та сушіння ковшів, ремонтно-механічні майстерні, цехові лабораторії); склади (склад шихтових і формувальних матеріалів, модельної оснастки, готових виливків).

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Найоптимальнішим режимом роботи ливарного цеху є режим, при якому всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих дільницях, що прискорює виробництво. Виходячи з потужності цеху (400 т придатних виливків за рік) та маси виливків, які в ньому виготовляють (до 4,5 кг), приймаємо паралельний двозмінний режим роботи. Використання такого режиму роботи цеху дає можливість протягом третьої зміни проводити профілактичні роботи та ремонт устаткування [2].

Встановивши режим роботи цеху, визначаємо фонди часу для роботи устаткування та працюючого персоналу, яке безпосередньо залежить від кількості робітників та устаткування. Також при розрахунку враховують кількість робочих та вихідних днів (в тому числі і святкових), і безпосередньо годинна тривалість робочого дня.

Фонди часу роботи устаткування та робітників розраховують за наступною формулою [2]:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де  $\Phi_k$  - календарний фонд часу, год;

P - кількість днів у році;

D - кількість годин у добі;

Підставивши теоретичні дані в формулу (2.1), отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Поняття номінального фонду характеризує час, під час якого устаткування працює за вказаним налаштуванням та технологічним режимом роботи без втрат часу. Даний фонд обчислюємо за наступною формулою [2]:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						20	86
					НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

де  $\Phi_n$  - номінальний фонд часу, год;

$C$  - кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

$\Gamma$  - кількість годин в залежності від кількості змін роботи, одна зміна дорівнює 8 годин.

Враховуючи святкові та вихідні дні протягом року, отримаємо 250 робочих днів. При однозмінному (8-годинному) режимі роботи робітників номінальний фонд дорівнює [2]:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Для двозмінного режиму роботи:

$$\Phi_n = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Дійсний, або як його ще називають ефективний, фонд часу  $\Phi_d$  – час, протягом якого устаткування виконує свої функції, тобто є справним і не потребує налаштування. Даний фонд часу обчислюється шляхом різниці номінального фонду втрат часу на освоєння виробництва та непередбачуваних втрат. Розраховуємо за формулою [2]:

$$\Phi_d = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де  $\Phi_n$  - номінальний фонд часу, год;

$B$  – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, за умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневої відпустки ефективний фонд часу для робітників становить [2]:

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

За умови 40-годинного робочого тижня для устаткування, його номінальний фонд роботи становить 4000 годин при роботі в дві зміни, а саме 250 робочих днів. Приймаємо 7% незапланованих втрат часу при роботі устаткуван-

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ня(поломка, запуск і т.д.), тоді [2]:

$$\Phi_{\text{н}} = 4000 - (4000 \cdot 0,07) = 3720 \text{ год.}$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу ливарного цеху

Інд. поз.	Найменування відділення, дільниці; тип установки	Кількість ро- бочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год.	
			устаткування	робітника
1	Відділення виготовлення випусків за витоплюваними моделями	2	3720	1840
2	Плавильне відділення	2	3720	1840
3	Формувально-складально- заливально-вибивальне відділення та відділення механічної обробки	2	3720	1840
4	Відділення підготовки фор- мувальних матеріалів та сумішей	2	3720	1840
5	Відділення фінішних опера- цій та термообробки	2	3720	1840
		3	5580	1840
6	Допоміжні відділення	2	3720	1840

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ

Під час розрахунку технологічних відділень користуємось наступними даними [2]: виробнича програма, вид технологічного процесу, розрахований режим роботи цеху, результати отриманих розрахунків і нормативні дані.

Тип технологічного устаткування обирають виходячи з особливостей прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення найкращої якості продукції. Відповідно до індивідуального завдання, обираємо машини для литва в разові піщані форми. Необхідно застосовувати устаткування одного типу, якщо є така можливість, так як це значно полегшує його експлуатацію, отже і заощаджує час для виробництві виливків під час можливої поломки машини.

Незамінною складовою в роботі ливарного цеху є використання допоміжного устаткування, оскільки воно значно полегшує процес виробництва і забезпечує стабільну роботу основного устаткування. Транспортні засоби в свою чергу дають змогу зв'язати ланки технологічного відділення для безперервної роботи.

Розраховуємо технологічне відділення в такій послідовності:

- обираємо необхідне устаткування для забезпечення технологічного процесу;
- складання планування технологічного відділення;
- розрахунок необхідної кількості устаткування цеху(основного та допоміжного);
- розрахунок площі та компоновки відділення.

Устаткування для литва, за моделями, що витоплюються обираються таким чином, щоб воно забезпечувало максимально налагоджене виробництво без постійного втручання людського фактору. До таких параметрів входять такі параметри як рівень автоматизації, коефіцієнт завантаження,

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>ПРОЕКТУВАННЯ ВІДДІЛЕННЯ ФІНІШНИХ ОПЕРАЦІЙ</b>		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Є.Г					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						23	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		

однотипність устаткування, що використовується [3].

Технологічне відділення для цехів з серійним способом виробництва виконується згідно з рекомендаціями[2]. Схема цеху зображена на рис.3.1.

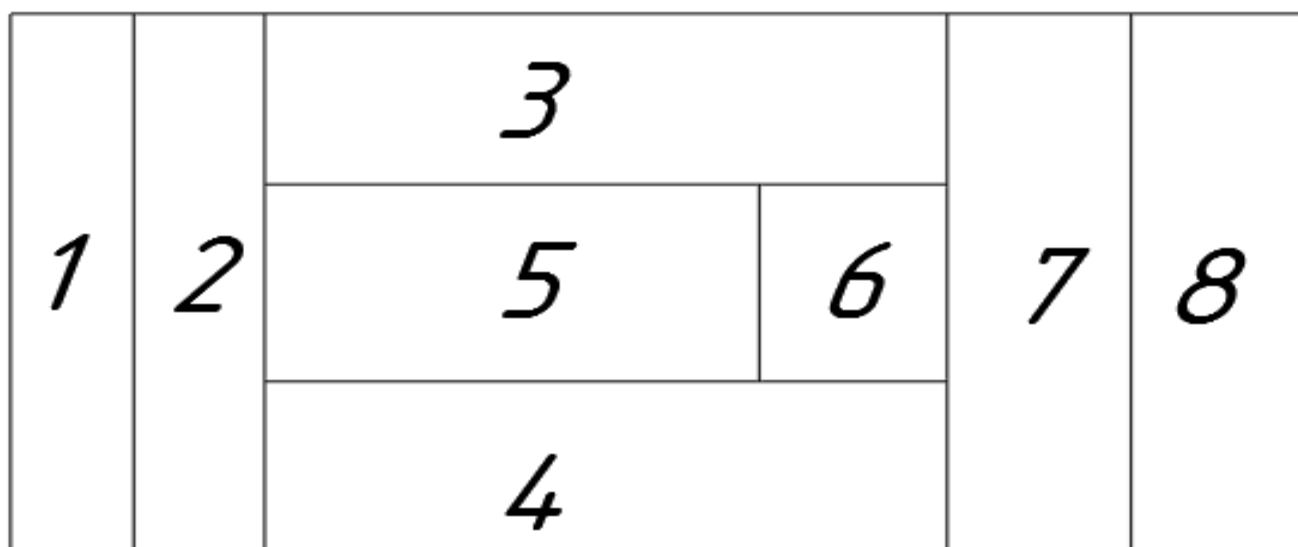


Рисунок 3.1 – Схема компоновання ливарного цеху

1 – плавильне відділення ;2- склад шихтових матеріалів; 3 – формуально-складально-заливально-вибивальне відділення; 4 – відділення виготовлення виливків за моделями, що витоплюється; 5 – сумішоприготувальне відділення; 6– стрижневе відділення; 7 – відділення фінішних операцій; 8 – склад готової продукції.

Для швидкого процесу враховуються вантажопотоки, які обираються таким , щоб транспорт рухався без зайвих перешкод, якими є насамперед перетин один з одним . Саме для цього шляхи розташовують на різних горизонтах , дотримуючись встановлених норм шляху руху транспорту[2].

### 3.1 Відділення фінішних операцій

Відділення фінішних операцій є невід’ємною частиною ливарного цеху, оскільки там виконуються такі операції [2]:

- отримання необхідних властивостей деталі;
- обробка виливків;



- за необхідністю виправлення браку та дефектів;
- здійснення ВТК.

У даному відділенні оброблюються виливки двох способів лиття і кожний з них має певний цикл операцій, при яких виливок перетворюється в якісну деталь.

Послідовність обробки для лиття за витоплюваними моделями:

- відокремлення елементів ЛС;
- вилуговування виливків;
- сушіння;
- термічна обробка;
- очистка виливків;
- контроль якості продукції;
- транспортування до складу готової продукції.

Послідовність обробки для лиття в разові піщані форми:

- видалення стрижнів;
- відокремлення ливникової системи;
- очищення виливків;
- зачищення виливків;
- контроль якості;
- виправлення дефектів за їх наявності;
- термічна обробка;
- очищення;
- контроль якості;
- транспортування до складу готової продукції.

Задачею проектування відділення є проектування, яке передбачає вибір сучасного устаткування та розумне розподілення площі приміщення. Проектування виконується на основі річної програми виготовлення виливків з урахуванням 10% браку (виправного та невиправного).

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форми транспортуються за допомогою автоматичної лінії ІЛ225. Плавка металу відбувається в індукційних печах марки ІСТ-2,0. Стрижні для лиття в разові піщані форми виконано з піщано-смоляної суміші. Приготування формувальної суміші традиційне, з використанням в складі таких речовин як пісок, глина та вода.

В якості устаткування, що розраховується та проектується обрано дробометний барабан моделі 42233 [2]. Дана машина призначена для очищення виливків від суміші яка залишилася на стінках виливка після діставання з контейнеру.

Кількість дробометних барабанів на відділення рахується за наступною формулою [3]:

$$n = \frac{Q \cdot K_H}{(\Phi_d \cdot q)}, \quad (3.1)$$

де  $n$  – кількість барабанів для очистки, шт.;

$Q$  – кількість виливків у потоці на річну програму, т;

$K_H$  – коефіцієнт нерівномірності роботи:  $K_H = 1,1 \dots 1,2$ ;

$q$  – продуктивність відповідного устаткування, т/год;

Підставляємо теоретичні дані в формулу (3.1):

$$n = \frac{2500 \cdot 1,2}{3760 \cdot 1} = 0,8$$

Згідно формули відомо що необхідно прийняти 1 дробометну машину моделі 42233, проте для безперебійної роботи відділення фінішних операцій приймаємо 2 одиниці даного устаткування. Дробометні барабани будуть розташовані після устаткування для відокремлення ливникової системи, а після очищення в барабані виливки відправляються на зачищення виливків. Виливки між даними ділянками передаються за допомогою конвеєрних ліній, на шляху кожної з яких встановлюємо устаткування. Другий барабан врахований як запасний і буде приведений до роботи в тому разі, коли перший вийде з ладу або буде потребувати ремонту.

Технічні характеристики даного устаткування наведено в таблиці 3.1 [3].

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика дробометного барабану 42233.

Параметри	Показники
Об'єм завантаження, м <sup>3</sup>	0,3
Найбільша діагональ виливка, мм	470
Найбільша маса виливка, кг	80
Найбільша маса завантаження, кг	800
Продуктивність, т/год	1
Продуктивність апарату по дробу, кг/хв.	250
Кількість повітря, що відсмоктується, м <sup>3</sup> /год	15000
Установлена потужність, кВт	42
Габаритні розміри, мм	4500x4500x4500

### 3.2 Енергетичні витрати цеху

На виробництві в цеху використані такі ресурси :

- вода;
- газ;
- стиснене повітря;
- електроенергія(освітлення , устаткування);
- теплоносії;

#### 3.2.1 Розрахунок енергетичних витрат повітря для цеху

Електроенергію в ливарному цеху використовують на технологічні потреби, силові установки, освітлення та слабкострумове господарство.

Загальні витрати електроенергії цехом визначають за формулою [2]:

$$W = (W_T + W_c + W_o) \cdot K, \quad (3.2)$$

де  $W$  – загальна кількість витрат електроенергії, кВт · год.

$W_T$  – річні витрати електроенергії на технологічні потреби, кВт · год;

$W_c$  – річні витрати електроенергії на електроприводи силових установок, кВт · год;

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$W_o$  – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

$K$  – коефіцієнт втрат електроенергії у мережі.

Розраховування річних витрат електроенергії на технологічні потреби здійснюємо за питомими нормами витрат електроенергії на 1 тону придатного литва за формулою:

$$W_T = \sum P_T \cdot G_p, \quad (3.3)$$

де  $W_T$  – витрати електроенергії на технологічні потреби (плавлення металу, термічне оброблення виливків тощо), кВт · год.

$P_T$  – питомі витрати електроенергії на технологічні потреби при виробництві 1 т. придатного литва, кВт · год.

$G_T$  – річний випуск придатного литва, т / рік.

$$W_T = 900 \cdot 3000 + 450 \cdot 3000 = 4050 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії на силові установки дорівнюють:

$$W_C = 1100 \cdot 6260 = 6886 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розраховування витрат електроенергії на освітлення проводимо за формулою [2]:

$$W_o = 0,001 \cdot g \cdot F \cdot \Phi_o, \quad (3.4)$$

де  $W_o$  – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

$g$  – питомі витрати електроенергії за 1 год. На 1 м<sup>2</sup> площі цеху (для виробничих відділень  $g = 15 \dots 18$  Вт) для складських приміщень  $g = 8 \dots 10$  Вт і для побутових приміщень  $g = 8$  Вт);

$F$  – освітлювальна площа, м<sup>2</sup>;  $F = 1728$  м<sup>2</sup>.

$\Phi_o$  – річна кількість годин освітлювального навантаження (при двозмінній роботі -  $\Phi_o = 2300 \dots 2500$  год.), тоді:

$$W_o = 0,001 \cdot (1028 \cdot 16 \cdot 2400 + 700 \cdot 8 \cdot 2400) = 5290 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже загальна потреба в електроенергії на рік дорівнює:

$$W = (6886+4050+5290) \cdot 1,05 = 17038 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахунок витрат стиснутого повітря проводимо на річну програму за формулою[2]:

$$Q_v = 1,5 \cdot d \cdot G_p, \quad (3.5)$$

де  $Q_v$  – річні витрати стиснутого повітря на річну програму,  $\text{м}^3$ .

$d$  – витрати стиснутого повітря на 1 т литва,  $\text{м}^3$ .  $d=800 \text{ м}^3$

$G_p$  – випуск виливків за рік, т;

1,5 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря в мережі

$$Q_v = 1,5 \cdot 800 \cdot 3000 = 3\,600\,000 \text{ м}^3$$

Витрати води, на потреби виробництва, користуючись теоретичними даними[1], визначаємо за формулою[2]:

$$V_{v.t.} = P_{n.v.} \cdot G_p, \quad (3.6)$$

де  $P_{n.v.}$  – норми витрат води на технологічні потреби на 1 т литва,  $\text{м}^3$  ;

$G_p$  – річний випуск виливків, т;

Підставивши дані у формулу ,отримаємо,  $\text{м}^3$  /рік:

$$V_{v.t.} = 13 \cdot 3000 = 39\,000 \text{ м}^3$$

Норми витрат води на побутові потреби такі[2]:

- на господарчо – питні потреби – 45 літрів на 1 сітку за годину;
- душові - 500 літрів на сітку за годину ( при роботі душових – 45 хв.)
- умивальники – 200 літрів на 1 кран за годину;
- миття підлоги цеху – 3 літри на  $1 \text{ м}^2$  за добу.

### 3.3 Будівельне проектування

Цех розташований на першому поверсі одноповерхової будівлі. Ширина

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

прогонів складає 72 метрів , а довжина – 236 м. Розміри відділення фінішних операцій , що розглядається в даному проекті, складають 72х24.

В якості несучих конструкцій цеху використано колони, стіни (керамзитобетонні панелі) та фундамент (основним матеріалом є залізобетон). Ливарний цех виконано у вигляді несучого каркасу із використанням залізобетонних колон. Відстань між колонами складає 6 метрів. Для транспортування металу , в каркасі враховані двотаврові балки , до яких кріпляться мостові крани.

З метою стійкості будівлі до вітрового опору , стіни встановлюють з додатковими колонами із залізобетону [2].

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

### «ОПОРА ВАЛА ХВИЛЕВІДБИВАЧА»

#### 4.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь “Опора вала хвилевідбивача” виготовляється зі сталі 35Л, має масу 46 кг та габаритні розміри 440х440х195 мм.

За складністю конфігурації виливок відноситься до третьої групи – виливки середньої складності відкритої циліндричної форми.

За масою виливок відноситься до першої групи – дрібні виливки (< 100 кг).

Деталь “Опора вала хвилевідбивача” має важливе призначення. Він є однією з головних частин механізму, який працює під статичним навантаженням. Основним завданням даної деталі є забезпечення жорсткого затискання валу двигуна, який має велику потужність і в результаті виникає велика амплітуда коливання.

Переважає товщина стінки 25 мм. Деталь має 5 наскрізних отворів, 4 ребра жорсткості. Також має фаски, які не виконуються литвом.

Для виливка “Опора вала хвилевідбивача” вибираємо хімічний склад (табл.4.1) та механічні властивості (табл.4.2) сталі 35Л відповідно до ДСТУ 8781:2018

Таблиця 4.1 – Масова частка компонентів сталі 35Л

Елемент	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%
Рекомендований вміст,%	0,32...0,4	0,2...0,52	0,45...0,9	<0,05	<0,05

Таблиця 4.2 – Механічні властивості сталі 35Л

Властивість	Числове значення
Границя міцності на розривання, МПа	≥ 491
Твердість, НВ	137...229

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Живцов В.А.			ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Самарай В.П.							31	86
								НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.										

## 4.2 Спосіб виготовлення виливка

При виборі способу виготовлення виливка приймаємо до уваги серійність виробництва, технічні вимоги до виливка, розміри виливка та марку сплаву.

Згідно індивідуального завдання виливок виготовляємо литтям у разові піщані форми.

Враховуючи, що виливок «Опора вала хвилевідбивача» відноситься до дрібного литва і виготовляється в умовах серійного виробництва, обираємо вид технологічного процесу лиття в піщано-глинясті суміші по-сирому [4].

Для виготовлення ливарної форми використовуємо струшувальні машини, а для стрижнів використовуємо піскодувні стрижневі машини. Складання та заливання форм відбувається на ливарному конвеєрі ІЛ225.

## 4.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання моделі і форми

При виборі площини рознімання моделі (форми) керуємося наступними положеннями згідно з ГОСТ 3.1125-88:

- число роз'ємів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальним;
- весь виливок або його основну частину слід розміщувати в нижній півформі;
- оброблювані поверхні розміщувати в нижній частині або вертикально;
- забезпечити зручність, та надійність встановлення стрижнів;
- площа розніму моделі повинна забезпечувати легке вилучення моделі, без виконання відокремлюваних частин;
- забезпечити надійність та можливість контролю правильності складання;
- зручність підведення металу, забезпечення повного заповнення форм;
- забезпечити видалення газів, підведення металу і повного заповнення

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ним порожнини форми;

- забезпечити направлене твердіння.

Керуючись даними правилами, виливок розміщуємо в верхній і нижній пі-  
вформах (тобто робимо роз'єм моделі і форми по осі). Таке положення зручне  
для підведення металу в порожнину ливарної форми та її повного заповнення,  
встановлення стрижнів та для вилучення моделі [5].

Рознімання моделі і форми показуємо тонкою лінією, яка закінчується зна-  
ком "X - X", над якою показуємо позначення – МФ [5].

Положення виливка при заливанні показуємо суцільною основною лінією,  
обмежену стрілками і перпендикулярною до лінії рознімання (рис. 4.1).

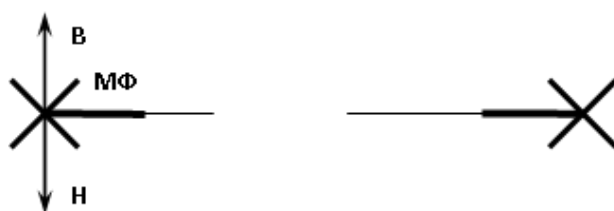


Рисунок 1.1 - Позначення лінії рознімання на кресленні

#### 4.4 Припуски на механічне оброблення поверхні виливка

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповід-  
ності до вимог ГОСТ 26645-85. Вибір зводимо до табл.4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Припуски на механічне оброблення поверхні виливка

№	Найменування	Характеристика
1	Вид технологічного процесу	Лиття у піщані форми
2	Тип сплаву	Сталь 35Л
3	Маса виливка, кг	46
4	Найбільший габаритний розмір, мм	440
5	Клас розмірної точності виливка	8
6	Ступінь жолоблення виливка	6
7	Ступінь точності поверхонь виливка	13
8	Клас точності маси виливка	5
9	Ряд припуску на механічне оброблення	12

Таблиця 4.4 – Припуски розмірів

Номінальний розмір, мм	∅440	∅410	195	115	∅95	20
Номер ряду припусків	6					
Допуски лінійних розмірів, мм	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1
Допуски форми для номінальних розмірів, мм	1,6	1,2	0,64	0,4	0,4	0,4
Загальний допуск для номінальних розмірів, мм	2	1,8	0,9	0,64	0,64	0,64
Вид кінцевого механічного оброблення, мм	напівчистове					
Загальний припуск, мм	3	2,8	1,8	1,4	1,4	1,4
Новий розмір, мм	∅446	∅405,6	197,6	117,8	∅92,2	21,4

Припуск на механічне оброблення, з урахуванням масштабу, зображуємо суцільною лінією чорного кольору. Значення припуску на механічне оброблення показуємо цифрою перед знаком шорсткості поверхні деталі.

#### 4.5 Вибір розмірів стрижнів та знаків

Для формування внутрішніх порожнин виливка або заглибин і виступів на ньому використовують стрижні. Встановлення й фіксація піщаного стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою стрижневих знаків, конфігурація і розміри яких визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, що оформлюються стрижнями. Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

В нашому випадку для виконання внутрішньої конфігурації виливка використовуємо три стрижні, відповідної конфігурації. Розміри знакових частин залежать від розмірів стрижнів, за допомогою яких будуть відтворюватись порожнини у виливку.

Формувальні ухили вказані на кресленні та в табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Розміри стрижневих знаків, формувальні ухили та технологічні зазори

Позначення стрижня	Довжина або висота стрижня, мм	Габарити стрижня $(A+B)/2$ або $D$ , мм	Висота знака, мм		Довжина знака, мм	Зазор $(h_1)$ $S_1=S_2$ , мм	Кут $\alpha$	Кут $\beta$
			h	$h_1$				
Ст. №1	294	95	60	—	—	—	7°	—
Ст. №2	690	380	43	70	35	0,5	5°	7°
Ст. №3	25	60	30	15	—	0,2	10°	15°

Стрижень та його знаки зображуємо суцільною тонкою синьою лінією. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній.

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижнів, напрям рознімання стрижневих ящиків та напрям виведення газів із стрижнів згідно ГОСТ 3.1125-88.

#### 4.6 Вибір типу та розрахунок розмірів опок

##### 4.6.1 Визначення кількості виливків у формі та їх розміщення

Враховуючи габаритні розміри та масу виливка, а також розміщення елементів ливникової системи у формі розміщуємо два виливки (рис.4.2).

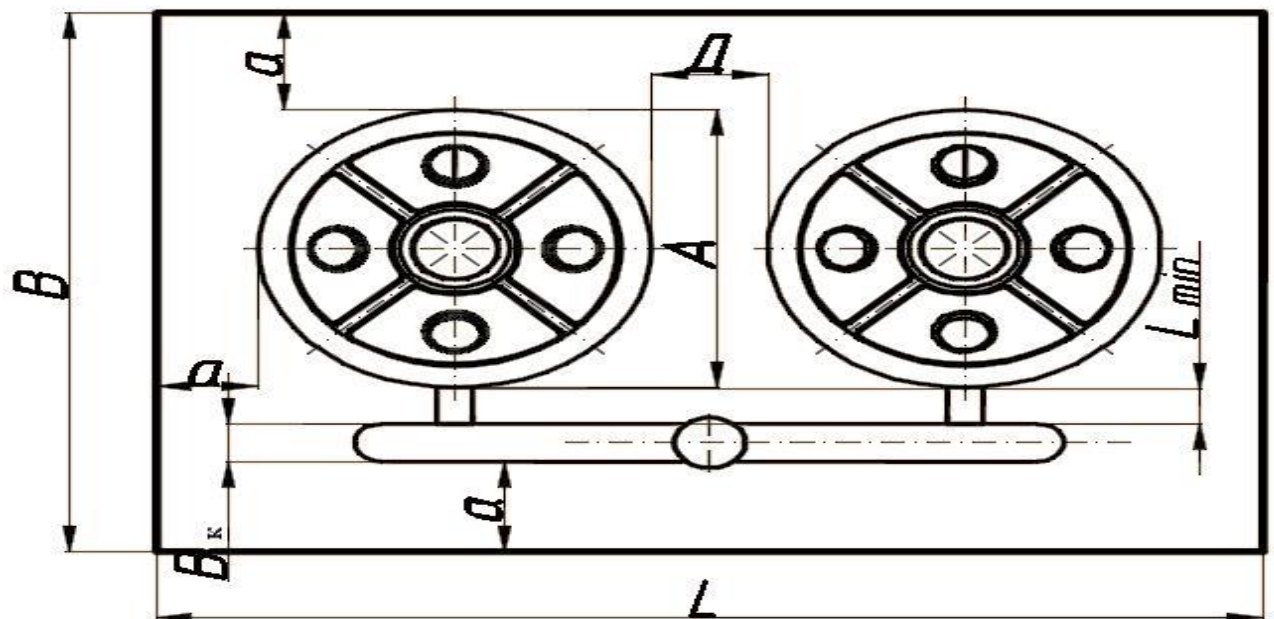


Рисунок 1.2 – Схема розміщення виливків у формі

#### 4.6.2 Розрахунок розмірів опок

Опока – пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності та жорсткості, виконання під'ємно-транспортних операцій. Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення.

Таблиця 4.6 – Відстані від виливка до стінок опоки

Позначення	а	б	в	L <sub>MIN</sub>	В <sub>к</sub>	д
Рекомендовано, мм	20...50	30...60	50...75	50...80	20...30	30...80
Приймаємо, мм	50	60	75	60	30	70

Необхідні розміри опок визначають розрахунком, виходячи з розміщення виливків у формі, розміщення ливникової системи та існуючих нормативних відстаней між виливками, між виливком та стінками опоки, необхідного шару суміші над і під виливком.

Довжина опоки розраховується за наступною формулою [6]:

$$L = 2 \cdot a + 2 \cdot A + d, \quad (4.1)$$

де L – розрахункова довжина опоки, мм;

A – діаметр виливка : A = 440 мм;

a – відстань від виливка до стінок опоки, мм;

d – відстань між виливками, мм

Підставляємо значення в формулу:

$$L = 2 \cdot 50 + 2 \cdot 440 + 70 = 1000 \text{ мм}$$

Ширина опоки дорівнює [6]:

$$B = 2 \cdot a + A + L_{\text{MIN}} + B_{\text{к}}, \quad (4.2)$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

де В – розрахункова ширина опоки, мм;  
а – відстань від виливка до стінок опоки, мм;  
А – діаметр виливка. А = 440 мм;  
Підставляємо значення в формулу [6]:

$$B = 2 \cdot 50 + 440 + 60 + 30 = 630 \text{ мм.}$$

Висота нижньої опоки [6]:

$$H_{\text{нижн.оп.}} = H_{\text{нижн. мод.}} + B, \quad (4.3)$$

де  $H_{\text{нижн. мод.}}$  – частина моделі виливка, яка знаходиться в нижній опці.  $H_{\text{нижн. мод.}} = 163 \text{ мм}$ ;

в – відстань від низа опоки до низа моделі:  $v = 75 \text{ мм}$ .

Маючи значення, отримаємо:

$$H_{\text{нижн.оп.}} = 137 + 75 = 212 \text{ мм}$$

Відповідно з ГОСТ 15004-69, вибираємо литі опоки з розмірами, мм :

$$l \times b \times \frac{h_B}{h_H} = 1200 \times 800 \times \frac{200}{250}.$$

Маса опок, відповідно верхньої і нижньої, складає по 247 та 227 кг.

Центрування опок проводимо за допомогою центрувального і направляючого штирів.

Скріплення приливів опок проводимо за допомогою скоб. Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою цапф.

## 4.7 Розрахунок ливникової системи

### 4.7.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи й місця підведення металу у форму

Ливниковою системою називається воронка для прийому металу і сукупність каналів, по яких підводиться рідкий метал до порожнини форми. Призначення ливникової системи [7]:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечити безупинну, рівномірну і спокійну подачу рідкого металу в порожнину форми;
- передбачити живлення виливка рідким металом під час його твердіння й усадки;
- затримання шлаку, піску й інших неметалевих включень у форму.

Однією з важливих умов отримання якісного виливка являється правильна конструкція ливникової системи. Враховуючи розміри нашого виливка, товщину стінки, а також масу, застосовуємо ливникову систему з сифонним підведенням металу [7].

Оскільки матеріал виливка сталь 35Л, то використовується гальмівна ливникова система. Формою перерізу живильника і шлаковловлювача приймаємо рівнобічну трапецію, а стояка – коло. Підведення металу до виливка здійснюємо так як показано на рис. 4.3.

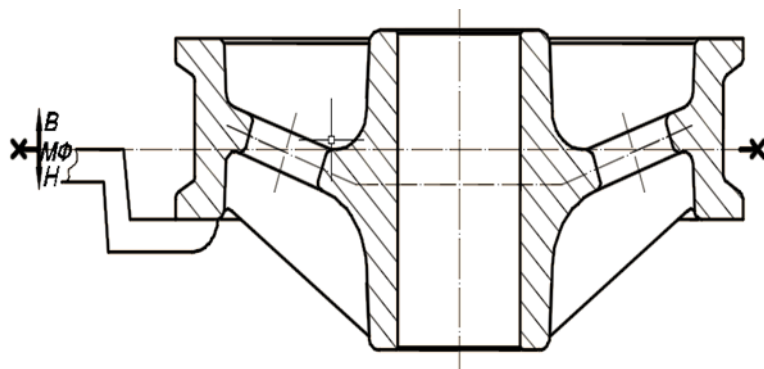


Рисунок 4.3 – Схема підведення металу

#### 4.7.2 Розрахунок надливів

Оскільки виливок має теплові вузли, то для отримання якісного виливка використаємо закриті півсферичні надливи прямої дії, що працюють під атмосферним тиском.

Щоб уникнути дефектів усадкового характеру у виливку встановлюємо надливи. Їх необхідно становити над маточиною та над гребінем обода. Розміри та форму надливу №1 вибираємо згідно прикладів проектування живильно-ливникової системи [6].

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок діаметру меншої основи надливу табл. 36 [5], за діаметр приймаємо висоту обода з гребенем:

$$d_H = 40 \text{ мм.}$$

де  $D_H$  — діаметр надливу,  $D_H = 40 \text{ мм.}$

$$H_H = 1,37 \cdot 40 = 55 \text{ мм}$$

Довжину надливу приймаємо:

$$L_H = 135 \text{ мм}$$

Радіус дії надливу визначається за формулою [6]:

$$R_d = \frac{B_H}{2} + (1,25 \dots 1,5) \delta_B, \quad (4.4)$$

Підставляємо значення в формулу:

$$R_d = \frac{55}{2} + 1,5 \cdot 40 = 83 \text{ мм}$$

Об'єм надливу визначаємо за відомими формулами для розрахунку об'ємів тіл:

$$V_H = 0,095 \cdot 0,055 \cdot 0,04 + \pi \cdot 0,04^2 \cdot 0,055 = 0,00048 \text{ м}^3$$

Виходячи з розмірів вилівка та розрахованого радіусу дії надливу, для живлення термічного вузла необхідно використати чотири, розрахованих вище, надливи.

Розрахунок закритого надливу який працює під атмосферним тиском, який підживлює вертикальні стінки.

Об'єм вилівка який підживлюється [6]:

$$V_B = (\pi \cdot 0,15^2 - \pi \cdot 0,095^2) \cdot 0,1 = 0,0042 \text{ м}^3$$

$$\beta = 0,08$$

Для сталі 35Л  $\varepsilon_\Sigma = 0,049$  [8]. Розраховуємо об'єм надливу:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_H = \frac{0,049 \cdot 0,0042}{0,12 - 0,049} = 0,0028 \text{ м}^3$$

Радіус півсфери приймаємо  $r_c = 67 \text{ мм}$

$$V_{\text{пс}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 0,067^3}{3 \cdot 2} = 0,0012 \text{ м}^3$$

Об'єм надливу що приходить на об'єм у вигляді труби [6]:

$$V_T = V_H - V_{\text{пс}} \quad (4.5)$$

Обчислюємо формулу за отриманими значеннями:

$$V_T = 0,0028 - 0,0012 = 0,0016 \text{ м}^3$$

Зовнішній радіус кільця приймаємо  $r_3 = 70 \text{ мм}$ , внутрішній  $r_b = 30 \text{ мм}$ .

Розраховуємо висоту надливу:

$$h = \frac{0,0016}{\pi(0,07^2 - 0,03^2)} = 56 \text{ мм}$$

#### 4.7.3 Вихідні дані та розрахунок площ елементів ливникової системи

Розрахунок ливникової системи починають з визначення площі найвужчого перетину – перетину живильників, а потім за прийнятими співвідношеннями визначають площі перетину шлаковловлювача та стояка.

Площа перетину живильників на один виливок складає [6]:

$$F_{\text{жив.лив.}} = \frac{Q_B}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \sqrt{H_p}}, \quad (4.6)$$

де  $Q_B$  – маса виливків у формі, кг;

$\mu$  – коефіцієнт втрати, який характеризує загальний гідравлічний опір форми руху металу;

$\tau$  – тривалість заливання, с;

$H_p$  – розрахунковий металостатичний напір, см.

Знайдемо усі складові формули (3.1).

Масу виливка знайдемо за наступною формулою:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$Q_B = (1,15 \dots 1,25) \cdot n \cdot Q_{\text{дет}} + n Q_{\text{над}}, \quad (4.7)$$

де  $n$  – кількість виливків у формі, шт.,

$Q_{\text{дет}}$  – маса деталі :  $Q_{\text{дет}} = 46$  кг.

Підставляємо значення в формулу:

$$Q_B = 1,15 \cdot 46 \cdot 2 + 2 \cdot 37 = 179,8 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт витрат  $\mu$  для виливків, які заливаються в суху форму, має значення  $0,3 \dots 0,5$ , приймаємо  $\mu = 0,5$ .

Тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = \frac{C}{v}, \quad (4.8)$$

де  $C$  – висота виливка в положенні при заливанні; см

$v$  – середня швидкість підняття рівня металу в формі, мм/с. Оскільки виливок відноситься до IV технологічної групи то згідно таблиці 9.4. [7],  $v = 1,2$  см/с.

Обчислюємо формулу:

$$\tau = \frac{19,5}{1,2} = 16,25 \text{ с}$$

Розрахунковий металостатичний напір залежить від розміщення виливка у формі та визначається за наступною формулою:

$$H_p = H_0 - \frac{C}{2}, \quad (4.9)$$

де  $H_0$  – відстань від рівня металу у воронці до рівня введення в порожнину ливарної форми .  $H_0 = 242$  мм;

$C$  – висота виливка в положенні при заливанні.  $C = 303$  мм =  $30,3$  см .

Підставляємо значення в формулу:

$$H_p = 24,2 - \frac{30,3}{2} = 9,2 \text{ см.}$$

Отримаємо значення площі перетину живильників на два виливка:

$$F_{\text{жив.лив.}} = \frac{179,8}{0,5 \cdot 16,25 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{9,2}} = 20,2 \text{ см}^2.$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За конфігурацією та масою вилівка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

$$\Sigma F_{жив.} : \Sigma F_{шл.} : \Sigma F_{ст.} = 1 : 1,1 : 1,3 = 20,2 : 22,2 : 26,3 \quad (4.10)$$

де  $\Sigma F_{жив.}$  – сумарний перетин живильників,  $\text{см}^2$  ;

$\Sigma F_{шл.}$  – сумарний перетин шлаковловлювача,  $\text{см}^2$  ;

$\Sigma F_{ст.}$  - сумарний перетин стояка,  $\text{см}^2$  .

Розрахуємо розміри поперечного перетину живильника в певній послідовності. Для підводу металу у порожнину форми використовуємо один живильник найбільш у формі жолобу .

Випори використовуємо для виведення повітря та додаткового виведення газів з порожнини ливарної форми. Переріз випора в основі приймаємо 10 мм. Для одного вилівка встановлюємо 1 випор.

Площа поперечного перетину одного живильника становить [6]:

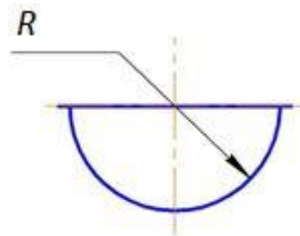
$$F_{жив.} = \frac{F_{жив.1вил.}}{2} \quad (4.11)$$

Підставляємо значення в формулу (4.9):

$$F_{жив.} = \frac{20,2}{2} = 10,1 \text{ см}^2$$

Розраховуємо мінімальний розмір перетину:

а) живильника

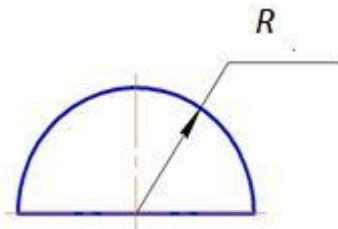


$$F_{жив.} = 10,1 \text{ см}^2$$

$$R_{жив.} = \sqrt{\frac{10,1 \cdot 2}{\pi}} = 25 \text{ мм}$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

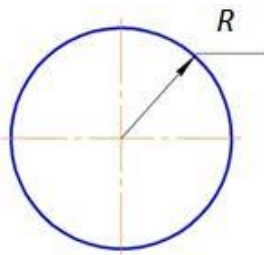
б) колектора



$$F_{кол} = \frac{22,2}{2} = 11,1 \text{ см}^2$$

$$R_{кол.} = \sqrt{\frac{11,1 \cdot 2}{\pi}} = 27 \text{ мм}$$

в) стояку



$$R_{ст} = \sqrt{\frac{26,3}{\pi}} = 29 \text{ мм}$$

#### 4.7.4 Розрахунок розмірів зовнішнього холодильника

Оскільки виліток в місці з'єднання маточини з диском утворюється тепловий вузол діаметром 50мм встановлюємо зовнішні холодильники між ребрами жорсткості, для запобігання утворенню дефектів усадкового характеру. Розрахунок площі перетину холодильника [6]:

$$S_x = (0,5 \dots 0,8) \cdot \pi \cdot \frac{d_k^2}{4}, \quad (4.12)$$

де  $d_k$  - діаметр кола вписаного в термічний вузол, мм;

Підставимо значення в формулу (4.10):

$$S_x = 0,6 \cdot 3,14 \cdot \frac{50^2}{4} = 1178 \text{ мм}^2$$

Згідно цієї площі проектуємо холодильник складного перетину. Контур холодильника виступає від 25 до 30 мм за контур площини, яка охолоджується.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.8 Формувальні та стрижневі суміші

### 4.8.1 Обґрунтування вибору складу сумішей

Формування виливка відбувається при твердінні розплавленого металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливків. Так, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавляючись, і не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами, мати пористість, яка забезпечить вихід газів з порожнини форми, і запобігати утворенню газових раковин, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка.

### 4.8.2 Рецептатура та властивості суміші

В даному дипломному проекті для виготовлення форм застосовуємо формувальні суміші по-сирому, а для виготовлення стрижнів застосовуємо хімічно-твердну суміш. Склад та властивості вибраних сумішей заносимо в таблицю 4.7 та 4.8.

Таблиця 4.7– Склад і властивості суміші для формування по-сухому

Вид суміші	Склад суміші, мас.%				Властивості		
	оборотна суміш	кварцевий пісок	бентонітова глина	Крохмаль	Вологість, %	міцність при стиску, МПа	Вміст активного бентоніту %
Єдина для машинного формування, струсування з пресуванням	88...92	5...7	2,5...4,0	0,04...0,08	3,5...4,0	0,05...0,07	4,5...5,5

Для підвищення термічної стійкості та можливості багаторазового використання суміші замість бентонітової глини використовуємо каолінову глину.

Таблиця 4.8 – Склад та властивості ХТС з смолою

Смола		Затверджувач		Властивості		
Марка	Вміст у суміші, %	Вид	Вміст у суміші, %	Міцність при розриві через 24 год	Живучість, хв	Мінімальний час твердіння, хв
ФФ-65С	1,0....1,2	БМС	0,3....0,5	1,3...1,5	5...6	До 40

Кварцовий пісок, який використовується у формувальній та стрижневій сумішах як наповнювач вибираємо за ГОСТ 2138-91.

#### 4.8.3 Методи запобігання утворення пригару

Для запобігання утворенню пригару використовують протипригарну самовисихаючу фарбу (табл.4.9), фарбуємо лише стрижень, оскільки і в суміш вводиться протипригарна добавка (табл.4.8).

Таблиця 4.9 – Склад та властивості протипригарної самовисихаючої фарби

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Призначення фарби	Сталеве литво
2	Вміст наповнювача (циркон), % мас.	60
3	Вміст зв'язуючого (полівінілбутираль), % мас.	2,5
4	Вміст розчинника (етиловий спирт), % мас.	37,5
5	Щільність, 103 кг/м3	1,75...1,85

#### 4.9 Характеристика модельного комплекту

Виготовлення елементів модельного комплекту здійснюємо з алюмінієвого сплаву марки АК12 ГОСТ 1583-93, за 6 класом точності ГОСТ 3212-92.

Порівняно з дерев'яними вони довговічніші, мають значно вищу точність і сталість розмірів, гладку робочу поверхню, не деформуються під час зберігання.

До складу модельного комплекту входить:

- модельна плита-2 шт.
- модель роз'ємна -2 шт

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- моделі елементів ливникової системи : 2 живильника, 1 шлаковловлювач,  
1 стояк, 2 випорів;

- стрижневий ящик - 3 шт.;

В даному випадку модель є роз'ємною. Для зменшення маси модельного комплексу та економії матеріалу, модель виконуємо порожнистою з товщиною стінки 8 мм ГОСТ 21079-75. Для надання моделі жорсткості у порожнині виконуємо відповідні ребра товщиною 8 мм на всю висоту ГОСТ 21079-75.

За конструкцією стрижневий ящик роз'ємний. Його виготовляють із двох частин. Площина розніму – вертикальна. Робочі розміри ящика 199x169x302 мм. Скріплюємо ящик гвинтами, центруємо штирем.

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності з розмірами, вказаними в табл. 1.5 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готову модель фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92.

Робочі розміри моделей виливка [7]:

$$\alpha = l_p \cdot \left(1 + \frac{y}{100}\right), \text{ мм} \quad (4.13)$$

де  $l_p$  – розмір деталі, мм

$y$  – усадка виливка, %

Підставляємо дані в формулу:

$$\alpha_1 = 440 \cdot \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 446,6 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = 95 \cdot \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 96,4 \text{ мм}$$

$$\alpha_3 = 195 \cdot \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 197,9 \text{ мм}$$

Кріплення моделей на модельній плиті здійснюємо 18-ма болтами М8, центрування моделей на модельній плиті здійснюємо за допомогою 10 штифтів. Усі переходи між собою пересічними поверхнями плавні, мають галтелі, радіусом 8...10 мм (для моделей). Галтелі стрижневих ящиків мають радіус 4...5 мм.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стрижневі знаки на моделі виконуємо у відповідності з ГОСТ 3212-92 так як показано на кресленні 1.

Готові моделі фарбуємо у відповідності до ГОСТ 3212-92:

- у сірий - модельний комплект, що використовується для виготовлення виливків зі сталі;

- у чорний колір - поверхні стрижневих знаків та інших частин, що не заливаються.

#### **4.10 Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми**

Так як в даному випадку виливок відноситься до дрібного литва, то форми раціонально виготовляти на пресових формувальних машинах з перевертанням півформ. Послідовність виготовлення та заливання форми буде наступною:

- модельні плити верху та низу із закріпленими на них моделями виливків та елементів ливникової системи встановлюють на плиту формувальної машини;
- встановлюють опоки, центрують та фіксують відносно модельних плит;
- поверхню моделей та модельних плит покривають розділовим покриттям;
- заповнюють опоки ПГС;
- підводять пресову траверсу в робочий стан;
- здійснюють пресування півформи;
- зрізають надлишок суміші;
- виконують вентиляційні канали;
- піднімання штифтів для вилучення моделей;
- витягування моделей;
- повернення траверси у вихідний стан;
- повернення штифтів у вихідний стан;
- півформу верху кантують ;

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- транспортують півформи на ділянку складання форм;
- проставляють у нижню півформу стрижні;
- встановлюють напрямні і центрувальні штирі;
- накривають нижню півформу верхньою;
- навантажують форму;
- транспортують форму на ділянку заливання;
- заливають форму сталю 35Л з ковша з носиком;
- охолоджують залиті форми на ділянці охолодження до температури виливка  $\approx 400^{\circ}\text{C}$ ;
- вибивають форми на інерційній вибивній ґратці на ділянці вибивання.

#### 4.11 Устаткування та інструменти

У процесі виготовлення форм та стрижнів використовуємо таке устаткування: струшувальну формувальну машину з перекидним столом моделі 234М для виготовлення форм, піскодувна стрижнева машина моделі 310 для виготовлення стрижнів, лопатевий змішувач безперервної дії 19611 для приготування сумішей, фарбозмішувач для приготування протипригарної фарби, вибивна ґратка моделі 31213. Всі ці машини значним чином полегшують процес формування майбутніх стрижнів та форм, які використовуємо.

#### 4.12 Технологія виготовлення стрижнів

Для повного відтворення внутрішньої конфігурації виливка застосовуємо три стрижні, які відносяться до стрижнів середньої складності по конфігурації. Стрижневий ящик виконуємо з алюмінієвого сплаву. Тип ящика, роз'ємний (з горизонтальним або вертикальним в залежності від виду стрижня плоским роз'ємом з двох половинок), за допомогою якого виготовляємо три різних стрижні за конфігурацією.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### Послідовність виготовлення стрижнів

- робочі поверхні стрижневого ящика покривають розділовим покриттям;
- скріплюють половинки стрижневого ящика;
- заповнюють стрижневий ящик стрижневою сумішшю піскодувним методом;
- витримують стрижень 30...40 хв в стрижневому ящику для твердіння суміші;
- виконують вентиляційні канали в знакових частинах стрижня;
- розкривають стрижневий ящик та виймають стрижень;
- фарбують стрижень протипригарною фарбою;
- витримують стрижень протягом години для висихання фарби;
- готовий стрижень транспортують на ділянку складання форм.

### **4.13 Фінішні операції**

Виливки після видалення з ливарних форм тривалий час охолоджують, а потім їх передають у відділення фінішних операцій, де підвищують їх фізико-механічні властивості та надають їм належного товарного вигляду.

Елементи ливникової системи від виливків відокремлюють у галтувальних барабанах безперервної дії під час попереднього очищення литва або ж ударами молотка під час вибивання форм.

Дробометальні камери використовують для видалення стрижнів та очищення виливків. Таке очищення виконується потоком чавунного або сталевго дробу, який спрямовується на поверхню виливка спеціальними головками або апаратами. Висока продуктивність і якість очищення виливків досягається високою швидкістю потоку дробу (70...80 м/с), яка створюється робочим колесом ротора, що обертається зі швидкістю близько 2500 хв<sup>-1</sup>.

Обрубкування виливків виконують пневматичними молотками із зубилами та повітряно-дуговим різанням. Зачищення виливків виконують на заточувальних шліфувальних барабанах.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні методи дають змогу виправляти різноманітні дефекти виливків без погіршення їх якості. Основними методами виправлення дефектів виливків є:

- декоративне замазування дрібних поверхневих раковин замазками і мастиками;
- просочування спеціальними розчинниками для усування поруватості виливків, які під час експлуатації піддаються гідравлічній дії;
- газове або електродугове заварювання.

Термічне оброблення виливків зі сталі 35Л є обов'язковим, найчастіше роблять нормалізацію та відпуск. Нормалізація застосовується для підвищення міцності і в'язкості, однорідності структури та покращення оброблюваності низьковуглецевої сталі, а також, виправлення структури зварного з'єднання і зменшення внутрішніх напружень.

Виливок нагрівають до температури 860 - 880°C витримують 1...2 год і охолоджують на повітрі. Високотемпературний (високий) відпуск проводять в інтервалі температур 600–630° С для майже повного усунення гартівних внутрішніх напружень та утворення структури сорбіту відпуску, що забезпечує найкраще поєднання високої ударної в'язкості, границі витривалості із задовільною міцністю й твердістю (близько 25 HRC).

Тривалість витримування при відпуску залежить насамперед від температури відпуску й габаритів виробів. Вона збільшується зі збільшенням розмірів виробів та зниженням температури відпуску й змінюється переважно в межах від 1 до 5 годин.

Наступна операція – це контроль якості виливків, який складається з двох етапів – проміжного і остаточного. Проміжний контроль здійснюють у процесі очищення, обрубкування і зачищення виливків для вилучення із технологічного потоку бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл оброблення.

Після виконання вище названих операцій виливки транспортують на склад готової продукції.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.14 Розрахунок піднімальної сили

Загальна піднімальна сила металу, яка діє на верхню півформу, розраховується за формулою [7]:

$$P_{\Sigma} = k \cdot (P_{\text{впф}} + \Sigma P_{\text{сті}} + P_{\text{л.с.}}) - (G_{\text{впф}} + \Sigma G_{\text{сті}}), \quad (4.12)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання,  $k = 1,4$ ;

$P_{\text{впф}}$  – сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н;

$G_{\text{впф}}$  – вага верхньої півформи, Н;

$P_{\text{сті}}$  – Архімедова сила, що діє на  $i$ -й стрижень, Н;

$G_{\text{сті}}$  – вага  $i$ -го стрижня, Н;

$P_{\text{л.с.}}$  – сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н;

Складові формули розраховуємо за наступною методикою [7]:

$$P_{\text{впф}} = F_{\text{г.пр.}} \cdot n \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g \cdot h_{\text{ср}} \quad (4.13)$$

де  $F_{\text{г.пр.}}$  – площа горизонтальної проекції виливка, на яку діє піднімальна сила:  $F_{\text{г.пр.}} = 0,109 \text{ м}^2$ ;

$\rho_{\text{м}}$  – щільність рідкого металу:  $\rho_{\text{м}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ ;

$h_{\text{ср}}$  – середній металостатичний напір:  $h_{\text{ср}} = 0,195 \text{ м}$ ;

$n$  – кількість виливків у формі:  $n = 2$ ;

$g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$  – прискорення земного тяжіння.

$$P_{\text{впф}} = 0,109 \cdot 2 \cdot 7800 \cdot 9,81 \cdot 0,195 = 2961 \text{ Н.}$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи [7]:

$$G_{\text{впф}} = (m_{\text{оп}} + m_{\text{сум}}) \cdot g, \quad (4.14)$$

де  $m_{\text{оп}}$  – маса верхньої опоки, кг;

$m_{\text{сум}}$  – маса суміші в верхній напівформі, кг.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{\text{сум}} = (l_{\text{оп}} \cdot b_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}} - (V_{\text{в}}' + V_{\text{ст}}') \cdot n) \cdot \rho_{\text{сум}}, \quad (4.15)$$

де  $l_{\text{оп}}, b_{\text{оп}}, h_{\text{оп}}$  – довжина, ширина та висота верхньої опоки, м;

$V_{\text{в}}'$  – частина об'єму виливка, що знаходиться у верхній півформі,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{ст}}'$  – частина об'єму стрижнів, які знаходяться у верхній півформі,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{\text{сум}}$  – щільність формувальної суміші :  $\rho_{\text{сум}} = 1650 \text{ кг/м}^3$ .

$$m_{\text{сум}} = (1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 - (0,018 + 0,007) \cdot 2) \cdot 1650 = 234,3 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{впф}} = (224 + 234,3) \cdot 9,81 = 4494 \text{ Н.}$$

Розраховуємо Архімедову силу, що діє на стрижні [7]:

$$\Sigma P_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}}'' \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g, \quad (4.16)$$

де  $V_{\text{сті}}''$  – частина об'єму  $i$ -го стрижня, що знаходиться під дією Архімедової сили, Н;

На стрижень діє Архімедова сила,  $V_{\text{сті}}'' = 0,004 \text{ м}^3$ ,  $V_{\text{сті}}''' = 0,017 \text{ м}^3$

$$\Sigma P_{\text{сті1}} = 1 \cdot 0,0 \cdot 7100 \cdot 9,81 = 0 \text{ Н}$$

$$\Sigma P_{\text{сті2}} = 8 \cdot 0,0005 \cdot 7100 \cdot 9,81 = 278 \text{ Н}$$

$$\Sigma P_{\text{сті3}} = 8 \cdot 0,0002 \cdot 7100 \cdot 9,81 = 111 \text{ Н}$$

Розраховуємо вагу стрижнів [5]:

$$\Sigma G_{\text{сті}} = n \cdot V_{\text{сті}} \cdot \rho_{\text{сум}} \cdot g, \quad (4.17)$$

де  $V_{\text{сті}}$  – об'єм стрижня,  $\text{м}^3$ .

$$\Sigma G_{\text{сті}} = 2 \cdot 0,007 \cdot 1650 \cdot 9,81 = 227 \text{ Н.}$$

Розрахуємо силу тиску на верхню півформу в ливниковій системі [7]:

$$P_{\text{л.с.}} = (b_{\text{ж}} \cdot l_{\text{ж}} \cdot n_{\text{ж}} + b_{\text{шл}} \cdot l_{\text{шл}}) \cdot g \cdot h_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}}, \quad (4.18)$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $b_{\text{ж}}$ ,  $l_{\text{ж}}$  – ширина та довжина живильника, м;

$n_{\text{ж}}$  – кількість живильників у формі;

$b_{\text{шл}}$ ,  $l_{\text{шл}}$  – ширина та довжина шлаковловлювача, м;

$h_{\text{м}}$  – металостатичний напір у ливниковій системі, м.

$$P_{\text{л.с.}} = (0,042 \cdot 0,74 + 0,04 \cdot 0,08 \cdot 2) \cdot 9,81 \cdot 0,19 \cdot 7100 = 496 \text{ Н}$$

Таким чином, загальна піднімальна сила:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot (2961 + 496 + 389) - (4494 + 227) = 663,4 \text{ Н}$$

На форму необхідно встановити додатковий вантаж масою не менше 66,3 кг.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАНУ

Під час проектування відділення фінішних операцій було проведено розрахунок дробометного барабану моделі 42233.

Дана машина застосовується для очищення виливків різної складності від таких дрібних дефектів як пригар, деякі мілкі нерівності, фінальне очищення глухих порожнин, окалини та ін.. [9].

### 5.1 Конструкція і робота машини

Для потреб ливарного цеху було обрано дробометний барабан , що може очищати виливки масою до 80 кг і має продуктивність 1000 кг/год , що цілком забезпечує своєчасне очищення [9].

Принципова кінематична схема барабану представлена на рис. 5.1. [10].

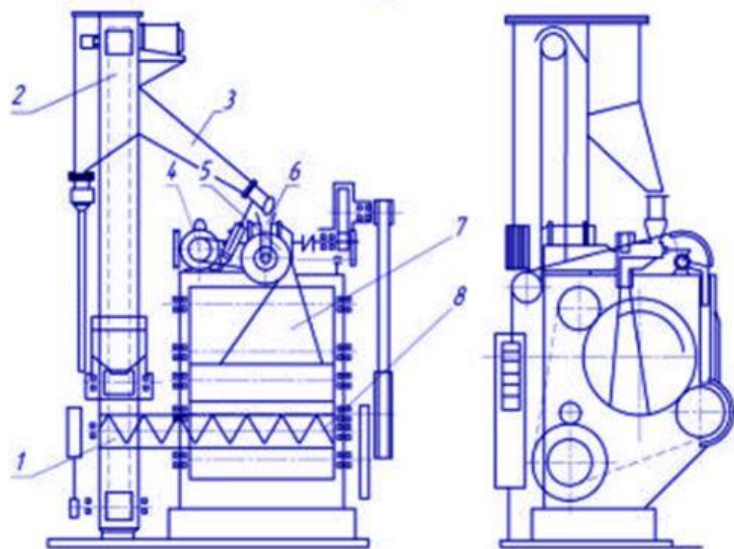


Рисунок 5.1 – Кінематична схема дробометного барабана

1 – сито барабанне; 2 – елеватор; 3 – рукав; 4 – електродвигун; 5 – дробометний апарат; 6 – приймальна воронка; 7 – потік дробу; 8 – шнек

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ДРОБОМЕТНОГО БАРАБАЛУ				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Живцов В.А									
Перевір.		Самарай В.П.								54	86
Н. Контр.		Федоров Г.Є.							НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		
Затверд.											

Дробометний барабан складається з чотирьох вузлів , до яких входять: барабан апарату 8 із шнеком, елеваторів 10,11,14 і завантажувальний скіповий підйомник 1. На каркасі вмонтовано два бічних диска 20, пересувний під 21, і шнек 22 [9].

Провідний вал рухомого поду 21 приводиться в рух(реверсний) від електродвигуна через редуктор, ремінну та зубчасту передачу. Верхня гілка поду рухається за годинниковою стрілкою. Під огинається двома торцевими дисками 20, які з середини захищені бронею, та утворює робочий простір барабану.

Двері 19 замикають простір ,через це з середини покриті гумою і виготовлені з листової сталі. Для захисту від виліту дробу, двері з внутрішньої сторони обшиті гумою.

Під гілкою поду 21 вмонтовано шнек 22,за допомогою якого транспортується відпрацьований дріб та пісок. Вал шнеку , який вмонтовано на вертикальних стінках камери примикає до елеватору , оснащений барабанним грохотом , який обшитий сіткою.

Дріб подається в грохот , а згодом просіюється в живильник,який представляє собою дві коробки , матеріалом яких є листова сталь. Одна і з коробок , яка знаходиться знизу, слугує для подачі дробу , що надходить з камери до стрічкового елеватора. Після цього за допомогою шнеку дріб викидається назад в короб.

Сам дробометний апарат 8 встановлено на верхній плиті каркасу.

Для того щоб компенсувати втрати дробу в верхній коробці живильника, застосовується бункер. Привід барабана здійснено за допомогою ланцюгової передачі. Кожного разу коли відкриваються двері в машину подається нормована кількість дробу.

Вмонтовані ковші розташована на стрічці , яка поміщена всередині елеватора , що рухається зі швидкістю 1,1 м/с. Дріб з елеватора надходить до сепаратора 9, в якому він очищується від бою дробу та пилу ,внаслідок їх осідання в сепараторі та за допомогою труби 14 для відходів , вилучаються з машини в секторний затвор, який являє собою зварний патрубок із затвором. Привід затвору виконується пневмоциліндром.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Патрубок приєднано до бункера , який транспортує дріб з сепаратору до дробометного барабану [9] .

За допомогою завантажувального скіпового підйомника , що містить в своїй схемі раму 4 , опрокидувач та ківш 1. Підйом ковшу виконується за допомогою перекинутих через блоки тросів 2 і закріплені одним кінцем в верхній частині , яка є направляючою та іншим на барабанах.

Ківш рухається до тих пір , доки не зустріне на своєму шляху упори , які приварено до швелерів. Саме в такому положенні ківш знаходиться в камері, поступово змінюючи кут нахилу і висипаючи виливки на рухомий під 21.

Задля екологічних потреб пил відсмоктується у вентиляційну систему через патрубки сепаратора та камери, на шляху якого встановлено уловлювач, задля того, щоб в повітря не потрапляли часточки дробу. За допомогою системи перегородок, дріб , відбиваючись , повертається до камери.

## **5.2 Розрахунки основних технологічних та конструктивних параметрів машини**

Процес руху дробу по колесу розподіляють на такі етапи [9]:

- викидання дробу імпелером через вікно втулки;
- вільний політ дробу до зустрічі з робочими лопатками колеса;
- викидання дробу робочими лопатками колеса.

За документацією дріб викидається за допомогою лопаток імпелера порціями, що схожі на пакети суміші ротора піскомету , проте дріб не являє собою не суцільний.

Згідно теоретичних даних [10]: колесо дробомету має подачу дробу в кількості 250 кг/хв., діаметр 315 мм, частоту обертання 3000 об/хв., число робочих лопаток і лопаток імпелера по 8 шт, ширина вікна втулки імпелера 50 мм і розміри та зазорів, як вказано на рис. 5.2. Приймаємо потік дробу, який викидається по дотичній, в т. О на радіусі  $r_0 = 53$  мм (рис. 5.2).

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



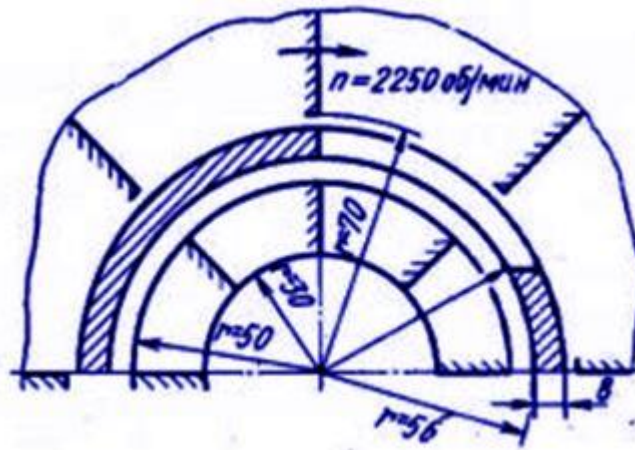


Рисунок 5.2 – Розміри імелера типового дробометного колеса

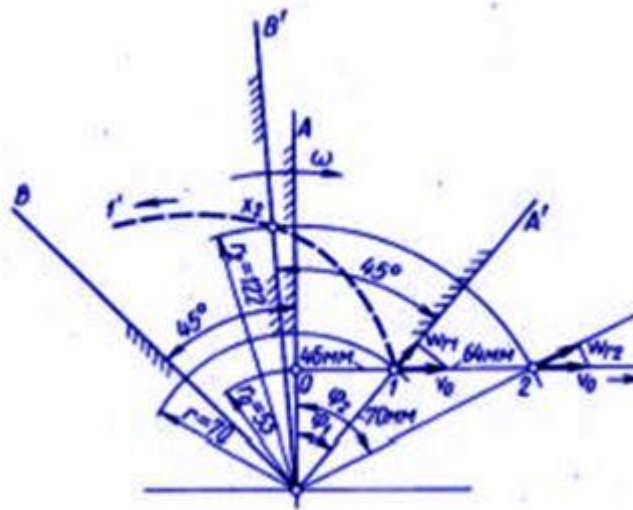


Рисунок 5.3 – Розрахунок робочого процесу дробометного колеса

Швидкість викидання дробу складає, м/с [10]:

$$V_0 = \omega \cdot r_0, \quad (5.1)$$

де  $V_0$  – швидкість викидання дробу, м/с;

$\omega$  – кутова швидкість обертання, об/хв.;

$r_0$  – радіус, мм;

Підставляємо значення в формулу:

$$V_0 = 314 \cdot 0,053 = 16,65 \text{ м/с.}$$

Якщо перетин  $50 \times 6$  мм та щільність укладки дробу в ньому  $2,5 \text{ г/см}^3$ , тоді максимальна подача дробу в хвилину буде складати:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,05 \cdot 0,006 \cdot 16,65 \cdot 60 \cdot 2,5 \cdot 103 = 748,9 \text{ кг/хв.},$$

що в декілька раз перевищує дійсну подачу дробі, з якою працює дане колесо.

В залежності від потоку дробу, що викидається імпелером, чергова робоча лопатка А, повернувшись з колесом в половину А<sub>1</sub> (рис. 5.3), відсікає та приймає на себе деякий відрізок 1-2 потоку. Для точки 1 цього відрізка в якому розміщується його остання дробинка, можна вказати:  $1 \ 0-1 \ 2 + 532 = 702$ , звідки відстань між точками 1 та 2  $l_0-1 = 46$  мм, а кутова координата т. 1:

$$\varphi_1 = \arctg (46/53) = \arctg 0,87 = 41^\circ \quad (5.2)$$

Для знаходження положення т. 2 відсікаемого відрізка потоку, в котрій знаходиться початкова дробинка даного відрізка, розглянемо відносний рух початку відрізка, слідуючого за даним, тобто т. 1. Для цього, побудуємо по точкам траєкторію 1-1<sub>1</sub> руху т. 1 відносно колеса, виходячи з полярних координат:

$$\rho = \sqrt{0,0532 + (0,046 + V_0 \cdot t)^2} \text{ маф} = \arctg 0,046 + V_0 \cdot t \ 0,053 - 235,6 \cdot t \quad (5.3)$$

для різних значень t, які приймаються. З рис. 5.3 бачимо, що дана траєкторія пересікає чергову робочу лопатку В, яка знаходиться за лопаткою А на кутовій відстані 45° в т. Х<sub>2</sub> на радіус r<sub>2</sub> = 122 мм. Кутова координата т. 2 зустрічі робочої лопатки в абсолютному русі з головною дробинкою проміжку потоку, що відсікається лопаткою, буде:

$$\varphi_2 = \arccos \left( \frac{53}{122} \right) = \arccos 0,435 = 64^\circ 20' \quad (5.4)$$

Відстань 0-2 становить 110 мм. Довжина, яка відсікається робочою лопаткою потоку дробу дорівнює 64 мм.

Початкові швидкості руху кінцевих дробинок 1 і 2 даних відрізків (в третьому етапі процесу) складає: – для першої дробинки:

$$\omega \cdot r_1 = V_0 \cdot \sin \varphi_1 = 16.65 \cdot \sin 41^\circ = 10,9 \text{ м/с};$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для другої:

$$\omega \cdot r_2 = V_0 \cdot \sin \varphi_2 = 16.65 \cdot \sin 64^\circ 20' = 15,0 \text{ м/с.}$$

За допомогою рівняння обчислено швидкості та шлях та даний третій етап процесу, коли коефіцієнт тертя дробу об лопатку  $f = 0,2$ , знайдемо вихідні параметри при сході дробинки 1 і 2 з робочої лопатки.

Для дробинки 1 вони складають:

- час руху по лопатці  $t = 0,0076 \text{ с}$ ;
- вихідна відносна швидкість  $\omega = 18,4 \text{ м/с}$ ;
- абсолютна швидкість сходу  $V = 62 \text{ м/с}$ ;
- відхилення вектор  $f_v$  від дотичної  $\alpha = 17^\circ$ ;
- кут сходу, рахуючи від початку вікна до розподільчої втулки,  $\theta =$

$143^\circ$ .

Для дробинки 2 відповідно отримуємо:

$$t = 0,0047 \text{ с}; \omega = 44,2 \text{ м/с}; V = 73 \text{ м/с}; \alpha = 37^\circ; \theta = 129^\circ.$$

За теоретичними на рис. 5.4 будуємо схему розкидання дробу. Розрахунковий кут розкидання складає  $34^\circ$ .

Дійсний кут розкидання відносно більший – більш ніж  $90\text{--}100^\circ$ .

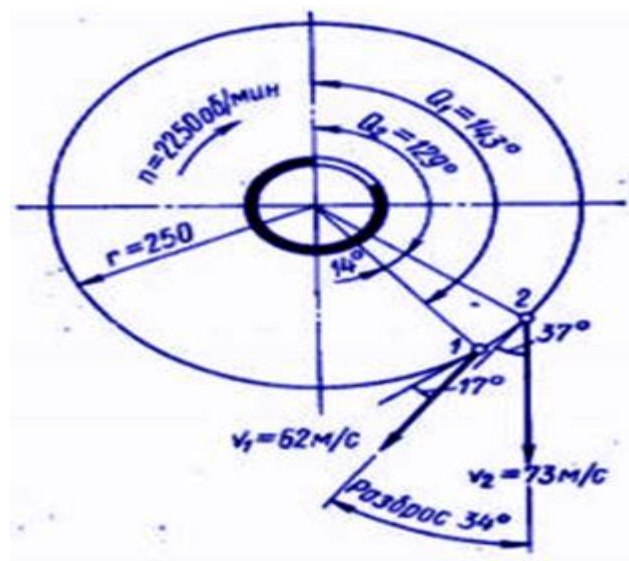


Рисунок 5.4 – Розрахункове розкидання дробу

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Причинами занадто сильного розкидання дробу можуть бути:

- Відбиття дробу від робочих під час його потрапляння на лопатку під значними кутами атаки;
- Взаємне співударяння дробинок;
- Шорсткість та неправильні конструкції поверхні лопатки при зносі та невірній формі дробинок.

Розрахунок діаметра живильного патрубка, см [10]:

$$D = \sqrt{0,08 \cdot q \cdot n \cdot n_p} + 17, \quad (5.5)$$

де  $D$  – діаметра живильного патрубка, см;

$q$  – продуктивність дробометного колеса, кг/с, 130 кг/хв. = 2,2 кг/с;

$n$  – базова частота обертання колеса, об/хв., 2250 об/хв.;

$n_p$  – розрахункова частота обертання колеса, об/хв.:

$$n_p = 30 \cdot \sqrt{2(1-f+f_2)}, \text{ об/хв} \quad (5.6)$$

тоді :

$$n_p = 30 \cdot 250 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \cdot \sqrt{2(1-0,2+0,22)} = 3833 \text{ об/хв.}$$

$$D = \sqrt{0,08 \cdot 2,2 \cdot 2250 \cdot 3833} + 17 = 17,3 \text{ см} = 0,173 \text{ м.}$$

Потужність приводу електродвигуна дробометного апарату, кВт [10]:

$$N = q \cdot \omega \cdot 2 \cdot K_u \cdot \mu_1 \cdot (r_2^2 - r_1^2), \quad (5.7)$$

де  $N$  – потужність приводу електродвигуна дробометного апарату, кВт;

$q$  – продуктивність дробометного колеса, 250 кг/хв. = 2,2 кг/с;

$\omega$  – кутова швидкість; 234,4 рад/с;

$K_u$  – коефіцієнт, який враховує втрати енергії в імпелері,  $K_u = 1,1 \dots 1,2$ ;

$\mu_1$  – коефіцієнт, який враховує втрати енергії в приводі колеса: приймаємо  $\mu_1 = 0,85 \dots 0,95$ ;

$r_1$  – радіус входу дробинки на лопатку:  $r_1 = 0,053 \text{ м}$ ;

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r_2$  – радіус лопатки в точці сходження:  $r_2 = 0,250$  м.

Тоді потужність приводу електродвигуна дробометного апарату становить:

$$N = (2,2 \cdot 234,4 \cdot 1,1/0,9) \cdot (0,252 - 0,0532) = 8,9 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун марки 4AM132M2 потужністю 11 кВт.

### 5.3 Догляд за машиною

Очищення деталей виконується за допомогою струменя дробу, який викидається зі швидкістю 80...100 м/с лотками дробометного апарату. При ударі по поверхні виливків, які очищають, дріб під час удару прибирає пригорілу формувальну суміш або окалину, які частково прибираються потоком відсмоктуваного повітря.

До початку роботи в машині повинно перебувати 500 кг дробу. Завантаження ковша призначеними до очищення виливками проводиться під час очищення в машині виливків попередньої партії при нижньому положенні ковша в приймку.

Виливки, які придатні до оброблення дробом у камері, передаються транспортом у ківш завантажувального підйомника.

Вал барабану кінематично пов'язаний з кінцевим вимикачем, який налагоджений на певну кількість оборотів, після чого вимикається двигун завантажувального підйомника. У такий спосіб здійснюється налаштування ходу ковша підйомника.

Після відходу ковша в нижнє положення двері очисної камери закриваються, відкривається секторний затвор, вмикається елеватор зі шнеком та дробометний апарат.

Верхня частина рухомого поду, переміщаючись за годинниковою стрілкою, безупинно переміщує деталі, що очищаються, завдяки чому вони рівномірно обстрілюються дробом із дробометного апарата.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дріб з робочої камери через отвори в пластинках стрічки рухомого поду падає на огородження, звідки шнеком подається в нижню частину елеватора.

Ковші елеватора, захоплюючи дріб, піднімають її вгору і кидають у сепаратор. Очищений повітрям дріб по рукаву сепаратора подається в дробометний апарат.

Після закінчення процесу очищення секторний затвор закривається, а елеватор, шнек та дробометний апарат вимикаються. Потім відкриваються двері і рухливому поду дається рух у зворотному напрямку (верхня частина його рухається проти годинникової стрілки), завдяки чому очищені деталі вивантажуються з камери й падають у тару або на збиральний конвеєр.

Догляд за машиною:

- Не допускати запуску рухливого поду під час вивантаження при зачиненій дверці очисної камери.
- Не допускати завантаження дробу в бункер коли працює елеватор.
- Слідкувати за нормальним натягом ланцюга рухливого поду та стрічки елеватора.
- Лопатки дробометного апарата підбирати в комплекті по 8 шт. з різницею в масі не більше 3 кг. В разі появи вібрації варто перевірити масу лопаток.
- Слідкувати за тим щоб отвір розмежувальної камери не збільшувався більш ніж допустимі значення, бо тоді збільшується сектор обстрілу дробом.
- Не дозволяти сильного зносу лопатки дробометного апарату.
- Слідкувати за станом внутрішньої облицювальної частини корпусу дробометного апарату.
- Періодично проводити огляд всіх деталей машини та промивання всіх частин, які труться.
- Слідкувати за щільним зажимом скріплюючих болтів машини.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Техніка безпеки при роботі з машиною

Робота дробометного очисного барабану супроводжується виділенням великої кількості пилу, виникненням шуму. Задля забезпечення коректних умов праці відділення фінішних операцій, де проходить очищення виливків, встановлена приточно-витяжна механічна вентиляція та природна аерація, яка здійснюється через витяжки та повітря, що потрапляє в відділення за допомогою дверей для транспортування виливків між відділеннями ливарного цеху. Зокрема дробометні барабани оснащені кожухами з місцевою витяжною вентиляцією.

Завдяки даній конструкції машини та вдало спроектованому відділенню, навколишнє середовище буде менш піддаватися впливу викидів пилу, які можуть виникнути під час роботи механізму.

Захисні кожухи дають змогу працівникам оминати небезпеку під час викиду дробу з машини, працівники мають захист у вигляді захисник масок, що захищають їхні очі від потрапляння шматочків дробу.

Встановлено систему блокування при роботі машини, коли вимкнена вентиляція. Установка знаходиться за огорожею, шторами. Проведено оснащення стінок установки резиновими прокладками, які забезпечують максимальне зниження рівня шуму.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

### 6.1 Визначення капітальних вкладень в проект відділення фінішних операцій

Величина необхідних капітальних вкладень (у грн.) визначається методом розрахунку окремих елементів вкладень, за формулою:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}}, \quad (6.1)$$

де  $K_0$  – капіталовкладення у необхідне обладнання;

$K_{\text{осн}}$  – капіталовкладення в оснащення;

$K_{\text{інв}}$  – капіталовкладення в інвентар;

$K_{\text{м}}$  – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів.  $K_{\text{м}}=0$ .

Вкладення в устаткування (у грн.) розраховують за формулою:

$$K_0 = K_{\text{т}} + K_{\text{пт}} + K_{\text{е}} + K_{\text{уп}}, \quad (6.2)$$

де  $K_{\text{т}}$  – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{\text{пт}}$  – капіталовкладення у піднімально-транспортне устаткування;

$K_{\text{е}}$  – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$  – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устаткування розраховують за допомогою наступної формули :

$$K = \Pi(a_{\text{т}} + a_{\text{б}} + a_{\text{м}}), \quad (6.3)$$

де  $\Pi$  – договірна ціна одиниці технологічного устаткування, грн.;

$a_{\text{т}}$  – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05...0,1);

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						64	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51		



$a_6$ — коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

$a_m$  — коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування відділення фінішних операцій наведений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок капіталовкладень в устаткування

Найменування устаткування	Кіль- кість, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
Дробеметний барабан мод. 42322М		20000	40000	4000	44000
Вибивна ґратка мод. 428		13000	13000	1300	14300
Галтувальний барабан		15000	30000	3000	33000
Дробеметна камера		120000	120000	1	132000
Візок передавальний		600	3600	3	3960
Всього					227260

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 8 грн. на одиницю придатного литва (річна програма):

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (6.4)$$

де  $n_{\text{заг}}$  — загальна кількість виливок на рік, шт.

Підставивши значення в формулу (6.4), отримуємо:

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot 16247 = 129\,976 \text{ грн.}$$

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{\text{инв}} = 227260 \cdot 0,02 = 4\,545 \text{ грн.}$$

Вартість ремонту складає 10% від вартості інвентарю – 454,5 грн

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Капітальні вкладення в запаси матеріалів відділення фінішних операцій дорівнює 0 , оскільки дільниця працює лише на обробку готової продукції і потреба в них відсутня.

Визначаємо кількість необхідних капіталовкладень у дільницю:

$$K = 227\,260 + 129\,976 + 4\,545 = 361\,781 \text{ грн.}$$

## 6.2 Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату

Кількість основних виробничих працівників кожної з професій робітників, що працюють в відділенні фінішних операцій визначається із трудомісткості виробничих операцій, які здійснюються на дільниці, або по аналогії із діючим виробництвом. Чисельність основних робітників дільниці наведено у таблиці 6.2, а допоміжних(начальник , майстер зміни) у таблиці 6.3.

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та додаткової заробітної плати з відрахуванням на соціальні потреби. Сума цих нарахувань складає 22% від загального річного фонду заробітної плати.

Загальний фонд заробітної плати робітників розраховується наступним чином: визначають основний і додатковий фонд заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати за рік (у грн.) для відрядників за професіями і розрядами розраховується за формулою:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (6.5)$$

де  $N$  – число основних робітників даної професії та розряду, чол;

$\Phi$  – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

$C$  – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премії приймаємо 25...35% від фонду основної заробітної плати.

Розмір додаткового фонду визначається як сума всіх перерахованих виплат. Загальний фонд заробітної плати розраховується як сума основного та додаткового фондів фінансування , яке виділяється на даному підприємстві у якості виплат робітникам.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків заробітної плати приведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунки заробітної плати

Найменування професії	Розряд	Година ставка, грн.	Чисельність робітників, осіб	Плановий фонд робочого часу	Фонд основної зарплати, грн.	Фонд додаткової зарплати, грн.	Загальний фонд заробітної плати
Оператор дробометного барабану		28,50		1840	104880	26220	131100
Оператор ґратки		28,12	1	1840	51741	12935	64676
Оператор ґалтувального барабану		28,50		1840	104880	26220	131100
Допоміжні робітники		26,13	2	1840	96159	24040	120199
Разом					357		447

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу приведений у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Кількість, осіб	Місячний оклад, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.
Начальник відді-	1	18000	216 000
Майстер зміни	2	15000	180 000
Разом	3		396 000

## 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

### 7.1 Визначення загальновиробничих витрат дільниці

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт-год електроенергії, що дорівнює 1,32 грн/кВт-год.

$$C_e = 688\,380 \cdot 1,32 = 908\,661,6 \text{ грн.}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку 5,48 грн. за 1 м<sup>3</sup>:

$$C_v = 5,48 \cdot 23\,423,8 = 128\,362,2 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування приймаються в розмірі 10% від його балансової вартості:

$$P_{\text{утр}} = 0,1 \cdot 227\,260 = 22\,726 \text{ грн.}$$

Річні витрати на амортизаційні відрахування наведено в табл.7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Групи основних фондів	Вартість фондів, грн.	Норми амортизаційних відрахувань, %	Вартість амортизаційних відрахувань, грн.
Будівлі споруди	2167074	5	108354
Основне та допоміжне устаткування	224197	15	33639
Транспортні засоби	154000	25	38500
Оснастка та інвентар	54930	25	13733
Всього			346284

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Живцов В.А.			ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Самарай В.П.							68	86
Реценз.								НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.										

Величина транспортних витрат складає 60 грн. на 1 т придатного литва:

$$P_{\text{тр}} = 60 \cdot 3000 = 180\,000 \text{ грн.}$$

Величина амортизаційних відрахувань визначається згідно з утвердженими нормами амортизацій, і цей розрахунок наведений у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Загальновиробничі витрати по дільниці

Найменування статті витрат	Сума, тис. грн.
2	3
Заробітна плата	843 075
Відрахування на соціальні заходи	185 477
Енергетичні витрати:	
1 - електроенергія	908661,6
2 - вода	128362,2
Ремонт та утримання у робочому стані:	
1 -устаткування,	22 726
2- інвентарю та оснастки	454,5
Амортизація:	
1- устаткування	33639
2- оснастки та інвентарю	13733
Транспортні витрати	180 000
Витрати на дослідження, випробування	5000
Витрати на охорону праці	3500
Витрати на винахідництво та раціоналі-	2500
Канцелярські витрати	5000
Інші витрати	21521,28
Всього	2 173 650

Витрати на дослідження, експерименти та випробування приймаємо у розмірі 500 грн. на одного працівника:

$$P_{\text{досл}} = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ грн.}$$

Витрати на винахідництво і раціоналізацію приймаються 250 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{рац}} = 250 \cdot 10 = 2500 \text{ грн.}$$

Витрати на охорону праці та техніку безпеки визначають з розрахунку 350 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{охор}} = 350 \cdot 10 = 3500 \text{ грн.}$$

Інші невраховані витрати можна вважати рівними 1% від загальної суми врахованих загальновиробничих витрат по дільниці:

$$P_{\text{невр}} = 0,01 \cdot 2\,152\,128 = 21521,28 \text{ грн.}$$

## 7.2 Розрахунок продуктивності праці на дільниці

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної чисельності персоналу дільниці:

$$\text{ПП} = Q/n, \quad (7.1)$$

де  $Q$  – кількість придатного литва за рік, т;

$n$  – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

$$\text{ПП} = 3000/10 = 300 \text{ т/особу}$$

## 7.3 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності:

– трудомісткість продукції:

$$t = \chi_{\text{осн}} \cdot \frac{\Phi_{\text{ор}}^{\text{пл}}}{Q}, \text{ нормо} \cdot \text{год} / \text{т}, \quad (7.2)$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $t$  – трудомісткість продукції, нормо · год /т;

$\text{Ч}_{\text{осн}}$  – чисельність основних робітників, осіб;

$\Phi_{\text{ор}}^{\text{пл}}$  – плановий час роботи робітника за рік, год;

$Q$  – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

Підставивши необхідні значення в формулу (7.2),отримаємо:

$$t = 10 \cdot \frac{1840}{3000} = 6,13 \text{ нормо} \cdot \text{год/т.}$$

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 8.1 Вступ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, санітарногігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [11]. Основними видами контролю охорони праці в відділенні фінішних є операцій є [12]:

- оперативний контроль ( з боку керівника робіт згідно обов'язків);
- контроль , що здійснює СОП (виконання вимог безпеки у відділенні);
- громадський контроль , що здійснюється інспекторами;
- адміністративно-громадський треступінчатий контроль , згідно рівнів обов'язків працівників відділення.

Мета розділу – це аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які мають місце при виконанні даної роботи та розробка заходів спрямованих на їхнє усунення і забезпечення здорових умов праці.

### 8.2 Правові та організаційні питання охорони праці на підприємстві

За статтею 14, працівник несе безпосередню відповідальність за порушення вимог техніки безпеки. Роботодавець та керівник зобов'язані створити в відділенні умови праці відповідно до нормативно-правових актів та забезпечити дотримання вимог охорони праці. [13]

За статтею 15, на підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку та мають право при виявленні проблем під час перевірки видавати необхідні приписи начальнику для їх усунення.

Оскільки відділення фінішних операцій є частиною підприємства, то служ-

					ЛП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						72	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51		



ба Охорони праці всього підприємства обслуговує і дане відділення[13]

Відповідальний за техніку безпеки начальник цеху/майстер.

### 8.3 Аналіз параметрів приміщення

Відділення фінішних операцій , яке зображено на рисунку 7.1 під номером 5, містить в собі такі операції як механічна- , термічна обробки та контроль якості виливків.. У відділенні фінішних операцій виконують виправлення дефектів , якщо такі є і приводять виливок до наступного стану – деталі, згідно номенклатури.

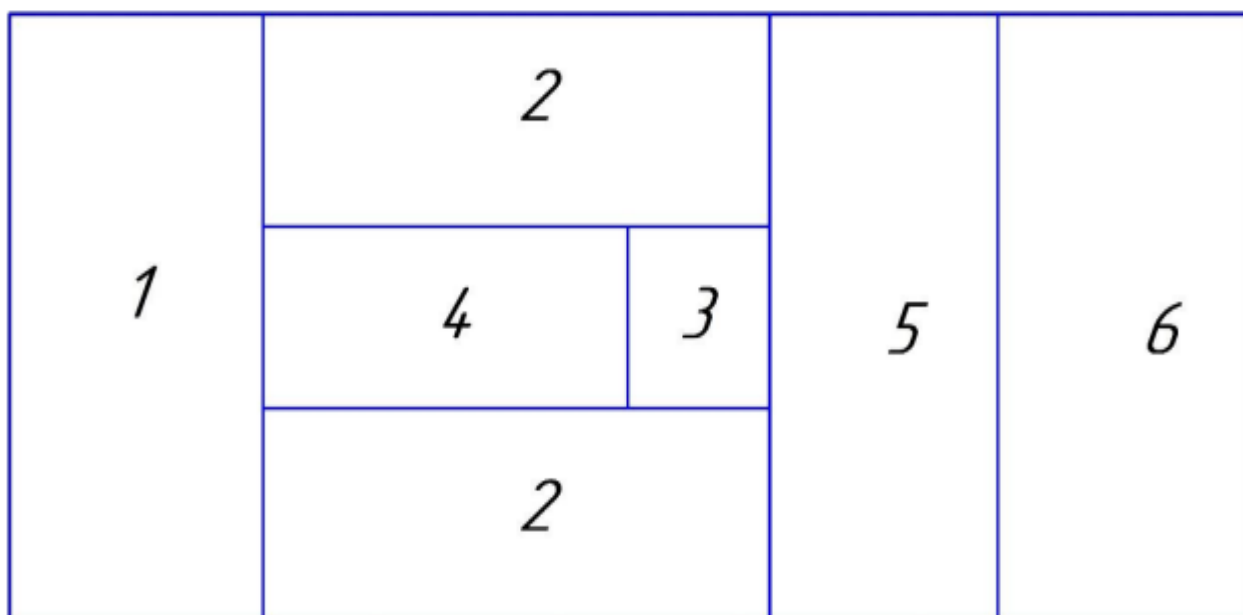


Рисунок 8.1 – Схема планування ливарного цеху

1 – плавильне відділення і склад шихтових матеріалів; 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – ст-рижневе відділення; 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції.

### 8.4 Аналіз мікроклімату відділення фінішних операцій

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін праць і оточенням. Мікроклімат характеризується показниками: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання. [11] Мікро-

кліматичні умови виробничих приміщень характеризуються такими показниками:

- температура повітря, С°;
- відносна вологість повітря, %;
- швидкість руху повітря, м/с;
- інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м<sup>2</sup>.

Оптимальні величини температури, вологості і швидкості руху повітря являються (ДСН3.3.6.042-99):

Таблиця 8.1 – Оптимальні і допустимі величини

Період року	ІІБ	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Опт.	Допус.	Опт.	Допус.	Опт.	Допус.
Холодний		17...19	15...21	40...60	75	0,2	0,3...0,4
Теплий		20...22	15...27	40...60	70	0,3	0,2...0,5

Для дотримання відповідного мікроклімату в відділенні, в холодну пору відділення обігрівается. Для дотримання швидкості руху і вологості повітря відділення обладнується вентиляцією. Оптимальні й припустимі норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях подані в ДСН 3.3.6.-042-99.

## 8.5 Аналіз освітленості приміщення

Залежно від джерел світла освітлення може бути природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу; штучним, що створюється електричними джерелами світла та суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним. Основним нормативним документом, відповідно до якого здійснюється нормування освітлення в нашій країні є ДБН В.2.5-28-2006. У відділенні фінішних операцій, що проектується, має місце штучне та природне освітлення. У

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

відповідності до ДНБ В.2.5–28–2006, розряд зорової роботи – ІІБ : штучне освітлення при системі загального освітлення складає 300 лк.

При системі комбінованого штучного освітлення необхідно, щоб світильники загального освітлення створювали не менше 10% нормованого освітлення. Затемнення робочих місць мостовими кранами повинно бути компенсоване допоміжними світильниками, установленими на еластичних підвісках на кранах. [12]

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски — тимчасове засліплення. [12]

Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму. [12]

## 8.6 Шум і вібрація

Джерелами шуму є технологічне устаткування: вибивні решітки , дробометний барабан, пневматичні рубильні молотки та інші подібні апарати.

Обслуговування встановленого устаткування передбачено стоячи. Відділення, що проектується оснащене устаткуванням, яке як правило є джерелом шуму. У відповідності до ДСН 3.3.6.037 – 99, максимально припустимий рівень звуку у виробничих відділеннях складає 80 дБ.

Шкідливий вплив інтенсивного шуму на слух приводить до його часткової або повної втрати. Через волокна слухових нервів роздратування шумом передається в центральну і вегетативну нервові системи, а через них впливає на внутрішні органи, приводячи до значних змін у функціональному стані організму , впливає на психічний стан людини. Тривалий вплив шуму на людину

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

призводить до зниження пам'яті, запаморочення, підвищеної стомлюваності, дратівливості тощо.

Характерними ознаками шкідливого впливу вібрації на людину є можливі зміни у функціональному стані: підвищена втома, збільшення часу моторної реакції, порушення вестибулярної реакції. Медичними дослідженнями встановлено, що вібрація є подразником периферичних нервових закінчень, розташованих на ділянках тіла людини, що сприймають зовнішні коливання. Параметри загальної й локальної вібрації регламентуються ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. [12]

Для зменшення шуму встановлюють віброізований фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють менш шумні дільниці і конторські приміщення стінками і перегородками, які мають досить велику звукоізоляцію. Використовують засоби індивідуального захисту (навушники).

### **8.7 Аналіз загазованості та запиленості**

Виділення пилу в відділенні відбувається при вибивці виливків з форми та його обробленні (механічному та термічному). До шкідливих речовин, що зустрічаються в відділенні відносять пил, який є основною небезпекою в відділенні – захворювання силікозом та іншими небезпечними захворюваннями. [12]

Шкідливі речовини, що виділяються при роботі відділення, можна віднести до двох (III, IV) з чотирьох класів безпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005-88, СН 245-71. [12] Для зменшення дії шкідливих речовин на працівників в відділенні встановлена припливно-витяжна вентиляція. В якості індивідуального захисту використовуються респіратори.

### **8.8 Електробезпека**

У відділенні фінішних операцій, що проектується, від електричного струму живиться наступне устаткування:

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Дробометний барабан (380V), Піч термічна(380V). Відділення фінішних операцій відносять до приміщень з підвищеною небезпекою. Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю однієї із умов, що створюють особливу небезпеку: дуже високої відносної вологості повітря (близько 100 %), хімічно активного середовища; або одночасною наявністю двох чи більше умов, що створюють підвищену небезпеку. [12]. Оскільки в відділенні присутні такі умови підвищеної небезпеки як струмопровідна підлога та струмопровідний пил, то його відносять саме до особливо небезпечних приміщень

Джерелами ураження електричним струмом є електричні установки. Електричні травми можуть причиняти наступні фактори:

- невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;
- невиконання технічних заходів безпеки;
- організаційно-соціальні причини.

Як безпосередні причини потрапляння людей під напругу виділяються:

1. Дотик до неізолюваних струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізолюваних при фактично пошкодженій ізоляції – 55%;

2. Дотик до не струмопровідних частин електроустановок або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій, які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції – 23%;

3. Дія напруги кроку – 2,5%;

4. Ураження через електричну дугу – 1,2%;

5. Інші причини – менше 20%.

Електричні травми можуть спричиняти наступні фактори: невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки; невиконання технічних заходів безпеки; організаційно-соціальні причини. [12]

Безпечність експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосуванням ізоляції на пошкоджених проводах або корпусах ЕУ за допомогою гумових ізоляторів; не-

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

доступністю струмопровідних частин для дотику людини(використані захисні огорожі), застосуванням малих напружень таких установок як пневмомолоток (220 V), шліфувальні верстати (220 V), сушили(220 V) та ін., захисним заземленням (заземлення корпусів ЕУ з метою забезпечення електробезпеки і використанням електрозахисних засобів( ізоляційне покриття пристроїв та інструменту, що використовується; використання спецодягу та гумових килимків біля установок). Основні вимоги електробезпеки подані в ГОСТ 12.1.019-79 і ГОСТ 12.1.030-81. [12]

## 8.9 Пожежна безпека

Основні причини виникнення пожежі в відділенні фінішних операцій – загорання електропроводки, використання легкозаймистих речовин, наявність відкритого джерела вогню.

Категорія приміщення по пожежній безпеці Г, оскільки в приміщенні розташована така установка як термopіч [12]. Загальні вимоги до пожежної безпеки наведено в ДБН В.1.1-7:2016 .

Причиною виникнення пожежі може виникнути внаслідок замикання електрообладнання під час його використання( наприклад термopіч ,яка може працювати 24 години на добу і може вийти зі строю при поганому контакті провідників електроструму)

При виникненні пожежі необхідно мати вогнегасники ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 або ОП – 1, ОП – 2, ОП – 5, ОП – 10.

Для забезпечення в відділенні пожежної безпеки передбачені наступні заходи:

- навколо відділення повинен бути розміщений зовнішній водопровід, який має гідранти, розташовані через 100 м , встановлено сигналізацію;
- біля відділення повинні бути передбачені проїзні дороги;
- біля можливих місць виникнення пожежі, розміщується такий інвентар: ящики, пожежні лопи, багри, сокири, азбестове полотно;

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

- всі ємності з палим та вибухонебезпечними речовинами ізолювані і розташовані на необхідній відстані від можливих джерел появи полум'я;
- на випадок виникнення пожежі передбачена сигналізація та прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною.

План евакуації у разі виникнення пожежі зображений на рис. 7.2

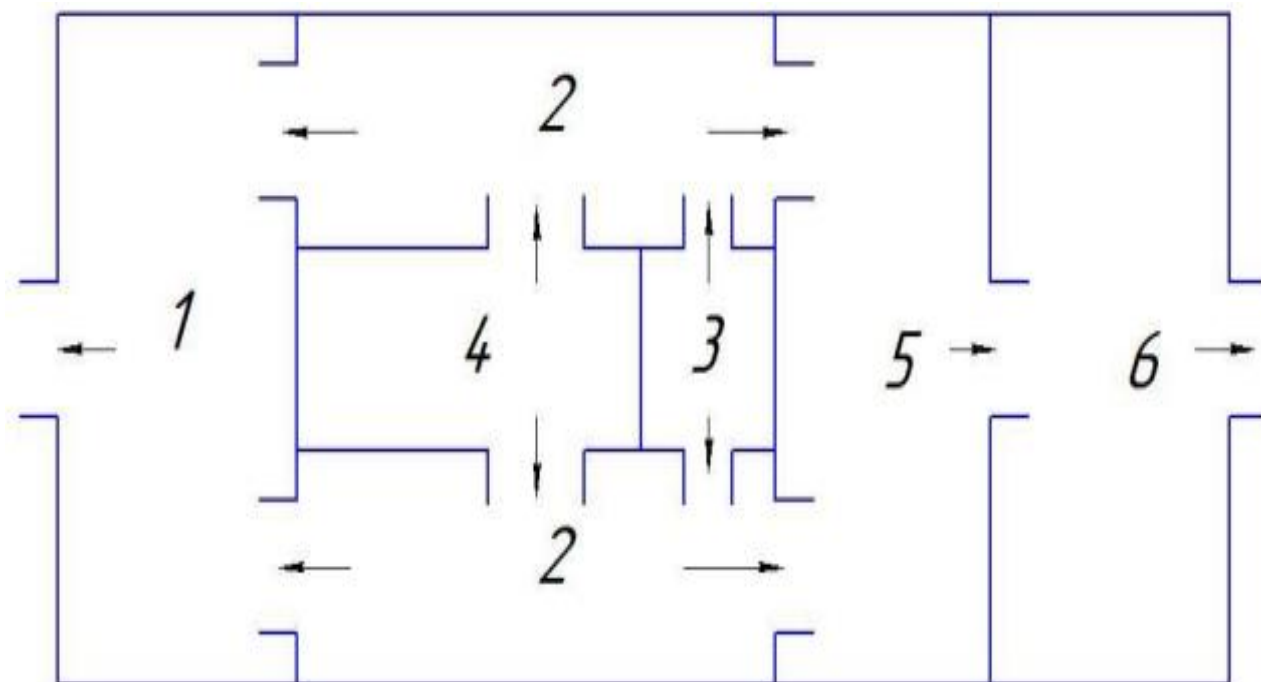


Рисунок 8.2 – План ливарного цеху зі схемою евакуації

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1) Виконано аналіз виробничої програми підприємства, в якому нумература розподілена за двома способами литва ( ПГФ і ЛВМ).
- 2) Розраховано режими роботи цеху та фонди часу для працівників та устаткування. Обрано необхідну кількість устаткування для відділення , в якості проєктованого обрано дробометний барабан періодичної дії моделі 42233.
- 3) Виконано розрахунок для проєктування відділення фінішних операцій та енергетичних затрат, які там використані.
- 4) Розроблено технологічний процес виготовлення вилівка «Опора вала хвиле відбивача»
- 5) Розрахунок параметрів машини , опис роботи дробометного барабану в відділенні фінішних операцій.
- 6) Опис та розрахунок організаційної частини проєкту. Розраховано кількість робітників у відділенні та устаткування.
- 7) Розрахунок економіки підприємства. Обчислення витрат відділення на утримання устаткування, робітників та енергетичних витрат цеху.
- 8) Застосовано норми щодо охорони праці та безпеки життєдіяльності працівників. Зменшено вплив підприємства на екологію навколишнього середовища.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.		Живцов В.А.					
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						80	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51		



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньокваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр».. Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво /Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропошнів, М.М. Ямшинський. – К.: «Політехніка», 2011. – 67с
2. Проектування ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко [та ін.]. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.
3. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов.— М: Машиностроение – 1977. – 510 с.;
4. Справочник литейщика: Общие сведения по литью./Под ред. Н.Н. Рубцова. - М.: Машгиз, 1962. - 524 с.
5. Дорошенко С.П., Федоров Г.Є. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах: Навч. посіб. - К.: ІВЦ «Політехніка», 2003. - 112 с.
- 6.3. Справочник литейщика: Общие сведения по литью./Под ред.Н.Н. Рубцова. - М.: Машгиз, 1962. - 524 с.
7. Могилев В.К, Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
8. Справочник сталей и сплавов/М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко - М.: Машиностроение, 2001. - 672 с.
- 9.<http://delta-grup.ru/bibliot/22/136.htm>
- 10.[http://foundry.kpi.ua/images/stories/diplomi/diplom\\_2018/Petrenko.pdf](http://foundry.kpi.ua/images/stories/diplomi/diplom_2018/Petrenko.pdf)
11. Безпека життєдіяльності : підручник для студ. вищ. навч. закладів / Є. П. Желібо, В. В. Зацарний. Київ : Каравела, 2006. 288 с.

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Живцов В.А.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Самарай В.П.							81	86
Реценз.								НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.		Федоров Г.Є.								
Затверд.										

12. Охорона праці у ливарному виробництві: курс лекцій для студентів вищих навчальних закладів напряму 0904 «Металургія» / Н.М.Глиняна. – Краматорськ : ДДМА, 2009. – 184 с.

13. <http://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

# ДОДАТКИ

					ДП ФЛ51.5103.1110.0006.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Живцов В.А.			ДОДАТКИ		
Перевір.		Самарай В.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Федоров Г.Є.					
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрюшів
						83	86
					НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського, ІФФ,ФЛ-51		

[illegible]

[illegible]

[illegible]